



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgåve 2017 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Elevar sin bruk av representasjonsformer i fysikk

Students' use of representations in physics

Guro Ranæs
Lektorutdanning i realfag

Forord

Med denne oppgåva avsluttar eg lektorstudiet ved NMBU. Og for ei tid det har vore! Takk for fem kjekke og innholdsrike år på Ås.

Å skrive masteroppgåve har vore ein lærerik prosess. Eg har fått ein smakebit på fagdidaktisk forskning, og fått fordjupe meg i litteratur om eit interessant tema. Minst like viktig er det at eg har fått forske i skulen og kome tett innpå elevar som lærer fysikk. Denne mulegheita til å undersøke læreprosessen detaljert får eg nok ikkje anledning til seinare, og eg er takknemleg for denne erfaringa.

Eg håpar og trur at å skrive denne oppgåva har gjort meg til ein litt betre lærar når eg no tek plass på andre sida av kateteret.

For å gjennomføre denne studien var eg avhengig av ein lærar og elevar som ville delta i prosjektet. Takk til desse, som stilte opp og ga av si tid i ein travel skulekvardag.

Takk til familien. Takk til gode vener for festlege lag, turar og gode pausar. Takk til venninnene i kollektivet for kokkekunster og hjelp i innspurten. Takk til snille vener for korrekturlesing.

Den største takken går til min dyktige rettleiar Gerd Johansen. Takk for støtte i felt, grundige tilbakemeldingar og tid til trivelege møter. Eg har lært mykje.

Ås, mai 2017

Guro Ranæs

Samandrag

Det er vanskeleg å rekruttere ungdom til å velje fysikk i den vidaregåande skulen i Noreg. Andelen elevar som vel fordjuping i fysikk har gått ned, noko som er problematisk da det er eit viktig fag for å løyse utfordringane vi står ovanfor i framtida. Å lære fysikk er noko mange syns er utfordrande. Eit særpreg ved fysikkfaget er at ein må kunne handtere fleire ulike representasjonsformer og kunne forbinde desse med kvarandre. Sentrale representasjonsformer i fysikk er figurar, grafar, formlar, munnleg tale, og verbal og matematisk skrift for å nemne nokre vanlege. Desse er viktige i læreprosessen og når elevane skal framstille det dei har lært. Dei mange representasjonsformene og samanhengen mellom desse kan vere ein årsak til at mange syns det er vanskeleg med fysikk.

Denne undersøkinga tek for seg korleis representasjonsformer og refleksjonar over desse kan bidra til å skape innsikt i fysikk hos elevar i Fysikk 1. Ei slik fagleg innsikt inngår i det å oppnå *science literacy*. Teorien eg brukar omhandlar dette begrepet, samt representasjonsformer og metakognisjon. Metakognisjon inneber å ha tankar om korleis ein lærer, og refleksjonar omkring representasjonsformer kan inngå i dette.

I undersøkinga har eg studert to fysikkelevar gjennom tre veker, noko som utgjorde tre case`ar. Eg har brukt ei kvalitativ tilnærming i form av observasjon og intervju av elevane. Elevane blei filma i fysikkundervisninga og deretter intervjuet ein gong i veka. Observasjonane frå filminga la grunnlaget for kvart intervju. Intervjua er hovudkjelde til data i denne studien. I intervjua la eg hovudvekt på representasjonar som var blitt presentert i undervisninga. Mi rolle i datainnsamlinga var todelt. Eg ville både dokumentere korleis elevane forholdt seg til representasjonsformer, med tanke på deira bruk og synspunkt på desse. I tillegg ville eg påverke dei til å reflektere over representasjonsformer og undersøke kva dette førte til. Da studien foregjekk over ein periode, kunne eg undersøke dette ved å samanlikne start – og sluttsituasjon.

Studien viser at elevane i utgangspunktet brukar lite visuelle representasjonsformer, og prioriterer verbal tekst i læringa. Mitt fokus på figurar og grafar i studien er ein konsekvens av dette. Resultata gir ein peikepinn på kva fysikkelevar finn vanskeleg, og korleis representasjonsformer inngår i å lære faget og det å oppnå *science literacy*. Resultata tyder på at elevane ønskjar meir forklaring av representasjonar, og også hjelp å dra samanhengar mellom desse. Etter eg har hatt fokus på representasjonsformer over ein periode, uttrykkjer elevane også nye refleksjonar om desse. Dei argumenterer for at fleire ulike representasjonsformer kan vere nyttige å bruke for å formidle eit begrep eller fenomen i fysikk. Dei nye refleksjonane kan inngå som metakognisjon hos elevane og bidra til å lære faget. Ein implikasjon av studien blir å forske på korleis ein lærar kan støtte elevane i forklaringar og refleksjonar om representasjonsformer i ein klasseromssituasjon.

Abstract

Recruiting students to choose physics in upper secondary school in Norway is difficult. The number of physics students is decreasing, which is problematic since physics is important in order to solve future challenges. Learning physics is demanding for many students. A special feature of physics is that one must be able to handle various representational forms and be able to connect these. In this thesis, representational forms denote such as mean figures, graphs, equations, speech, and verbal and mathematical writings. These are important in the process of learning, as well as when the students are to convey what they have learned. To understand each representation and the ability to discover relations between them require learning processes - which many find challenging.

This thesis locates these learning processes within a theoretical perspective *science literacy*, which concerns insight in the physics itself. The aim is also to investigate if heightened awareness on learning strategies and reflections over the application of the representational forms of representation, known as metacognition, results in a better understanding of the physics subject.

The thesis applies a qualitative research method monitoring two students over a period of three weeks. This resulted in a case-study approach consisting of three cases. The students were video filmed during their scheduled physics class. The video formed the basis for a follow-up interview once a week. The interviews are the main data sources for this research. My focus for the interviews was the representations applied in class. My role during collection of the empirical material was two-fold. Firstly, I wanted to document how the students used representations and their opinions about these. Secondly, I wished to exert influence on the students' reflections concerning their use of representational forms. I was able to investigate the consequences of my influence by comparing the start and end situation.

The findings in the initial situation point to a low use of visual representations: the students prioritized verbal text when learning. My focus on figures and graphs in this study is a consequence of this. Moreover, the findings give an indication of what students find hard to understand, and how students use of representations are involved in the process of achieving science literacy. Students want more explanations of the various representations as well as help to make connections between them. After a period of me focusing on representations, the students expressed new and more elaborate reflections about these representations, arguing that a combination of these could be useful to convey concepts or phenomena in physics. These new reflections can be seen as part of the students' metacognition, implying that reflections about representations can contribute in learning the subject, and is thus an important step towards achieving science literacy. The study points out the need and encourages further research on how a teacher can support the students in use of and reflections about representations in a classroom setting.

Innhold

Forord	i
Samandrag	iii
Abstract.....	v
1. Innleiing.....	1
1.1 Motivasjon og bakgrunn.....	1
1.2 Forskingsspørsmål.....	4
1.3 Utgreiing av ord og uttrykk i oppgåva	5
2. Teori	6
2.1 Science literacy.....	6
2.2 Representasjonsformer	9
2.3 Metakognisjon og læraren si rolle	15
3. Metode	17
3.1 Mi todelte rolle i studien.....	17
3.2 Casestudie og utveljing av informantar	18
3.3 Observasjon som metode.....	22
3.3.1 Grunning.....	22
3.3.2 Gjennomføring av observasjon.....	23
3.4 Gruppeintervju som metode	23
3.4.1 Grunning.....	23
3.4.2 Gjennomføring av intervju	25
3.5 Etske betraktningar	26
3.6 Metode for analyse av data	28
3.7 Kvalitetskontroll	30
4. Resultat	32
4.1 Skildring av startsituasjon	32
4.1.1 Undervisinga – læraren og klassen.....	32
4.1.2 Kari og Eva sitt forhold til representasjonsformer	33
4.2 Mi påverking og respons frå elevane.....	35
4.2.1 Case 1: Absorpsjonsspekter og intensitetsgraf	37
4.2.2 Case 2: Kjernekraft og avstandsformel F_e	43
4.2.3 Case 3: Massegraf 7-7 i læreboka.	48
4.2.4 Samanfætning	55
4.3 Respons etter perioden	56
4.3.1 Representasjonsformer for å lære teori.....	56

4.3.2 Refleksjonar om representasjonsformer	59
4.4 Fråværande resultat	62
5. Drøfting	63
5.1 Elevane sitt forhold til representasjonsformer, knytta mot <i>science literacy</i>	63
5.2 Refleksjonar hos elevane på slutten av perioden og mi rolle	68
5.3 Implikasjonar og vegen vidare	71
Kjeldeliste	73
Vedlegg.....	78
Vedlegg 1 – Informasjonsskriv	78
Vedlegg 2 - Samtykkeskjema	79
Vedlegg 3 – Intervju NSD	80

1. Innleiing

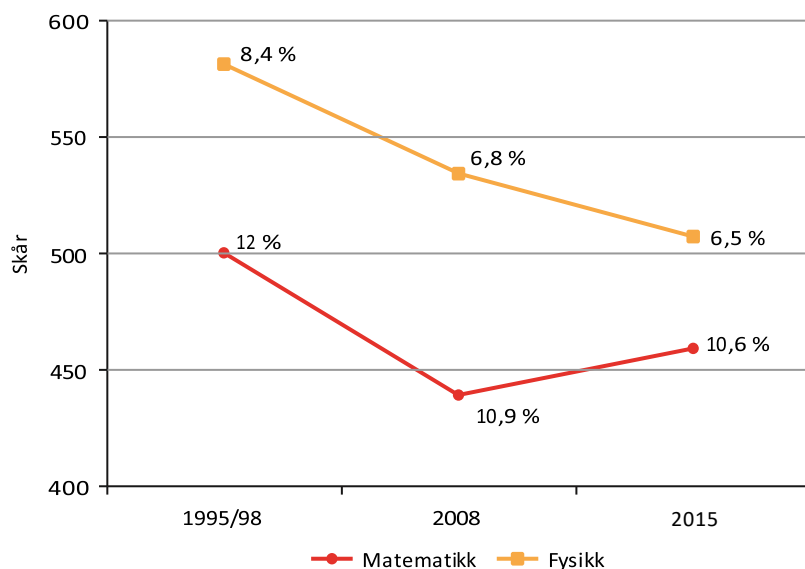
1.1 Motivasjon og bakgrunn

Dette er ei oppgåve i fysikkdidaktikk. Everett og Furseth (2012) trekk fram interesse, samfunnsmessige problem og egne erfaringar som noko å ta utgangspunkt i ved å finne eit forskingstema. På vidaregåande tykte eg at fysikk var eit fag som skilte seg ut på timeplanen. Faget sette krav til nye måtar å tenkje på. Det utfordra forståinga mi på begrep og ord eg brukte frå før, og opplevinga eg hadde av verda. Samtidig var det nytt at mange ulike representasjonsformer blei brukt, både når lærar presenterte nye tema og når ein skulle rekne oppgåver. Dette kunne for eksempel vere verbal tekst, figurar og matematikk. Det var eit krevjande fag, men samtidig fekk det fram ei nysgjerrigheit og ein fascinasjon for måten verda blei skildra på. Angell et al. (2016) påstår dette er typiske trekk ved første møte med fysikk. Denne erfaringa med fysikk som eit annleis fag, saman med behovet i samfunnet for å utdanne menneske innan realfag, har gjort at eg interesserer meg for korleis ungdom lærer fysikk.

Fysikk kan skildrast som eit *allmenndannande* fag (Angell et al., 2016). Det kan gi grunnlag til å forstå og delta i samfunnsdebatten. Fysikk utfordrar filosofiske tankar som er knytta til store spørsmål. Faget gir òg mulegheiter for å skape matematiske modellar som bidrar til politiske beslutningar, der klimamodellar er eit aktuelt eksempel. Fysikk er ein viktig del av vår historie- og kulturbakgrunn, og har i gjennom lange tider spela ei stor rolle for vår verkelegheitsforståing. Å kunne trekke samanhangar mellom ulike fysikktema og deira aktualitet i samfunnet, er eit viktig aspekt ved fysikkfaget. I læreplanen for fysikk finn vi att dette ved at noko av formålet med faget er å «...bidra til forståelse av natur, teknologi og fenomen i dagliglivet» (Utdanningsdirektoratet, 2006).

At fysikk og matematikk ofte framstillast og kan opplevast som «vanskelege» fag, gir seg til uttrykk ved at det er problematisk å rekruttere elevar til desse faga. Nyleg kom resultatata frå TIMSS og TIMMS Advanced 2015 (Trends in International Mathematics and Science Study). Undersøkinga dokumenterer at andelen som vel full fordjuping i matematikk og fysikk på vidaregåande har gått ned (Grønmo et al., 2016). Gjennom Utdanningsnytt (2016) uttrykkjer kunnskapsminister Torbjørn Røe Isaksen bekymring over dette; «Det er bekymringsverdig at så få ungdommer velger fordypning i disse fagene. Vi er et land som er tuftet på god realfagskunnskap, det er sentrale fag som er viktig for fremtiden» (Torbjørn Røe Isaksen, (29.11.16) sitert av Vedvik, 2016). I 2015 var det berre 4% jenter og 9% gutar som valte fysikk 3.året på vgs. Samtidig skåra norske fysikkelevar relativt bra på testen i TIMSS

Advanced, men undersøkinga viser ein nedgang i prestasjonen både i matematikk og fysikk sidan 90-talet (Grønmo et al., 2016). Mest markant er nedgangen i fysikk, både når det gjeld prestasjon og antal elevar som vel faget (sjå Figur 1). Som konklusjon på dei ferske resultata er ei av hovudutfordringane at vi må auke andel elevar som vel fordjuping i realfag, deiblant i fysikk (Utdanningsdirektoratet, 2016).



Figur 1. Henta frå Grønmo et al. (2016). Norske trender i matematikk- og fysikkprestasjonar i TIMSS Advanced frå midten av 90-tallet til 2015. Prosent av årskullet som har valgt full fordjuping i faga er angitt på figuren. Det internasjonale gjennomsnittet frå 1995 blei standardisert til 500, med eit standardavvik på 100.

Temaet for studien er representasjonsformer i fysikk, sett i lys av å skulle bli *scientific literate*. *Representasjonsformer* er ein vesentleg del av fysikkfaget, og gjer at det skil seg ut frå andre fag. Dei inngår både når ein skal lære faget og ved formidling av kunnskapen ein har lært (Knain & Hugo, 2007). Representasjonsformene er knytta til arbeidsmåtar og kompetansar i faget. Å skulle formidle eit fysisk fenomen eller begrep ved hjelp av grafar eller figurar for eksempel, er å framstille det med ulike representasjonsformer. Å mestre desse formene i seg sjølv er utfordrande for eleven. I tillegg krev faget at eleven kan *veksle* mellom desse ulike representasjonane, og oversette frå ein form til ein annan (Knain & Hugo, 2007). Å ha kompetanse i å relatere ulike representasjonsformer med kvarandre og med fenomenet dei formidlar er eit viktig aspekt ved læring i naturfag (Klein & Kirkpatrick, 2010). Dette gjeld også i fysikk. Derfor kan faget på mange måtar opplevast som eit annleis og vanskeleg fag med ein ny måte å tenkje på, eller som Angell et al (2016) formulerer det; «Å lære fysikk inneber rett og slett å lære seg en hel rekke nye språk!» (Angell et al., 2016, s. 150). Dette finn vi att i læreplanen for fysikk, der det står at faget gir innføring i fysikken sine begrep,

symbol og språk (Utdanningsdirektoratet, 2006). Naturvitenskap har karakteristiske språk, og «learning the language of science» er synonymt med «learning science» (Hodson, 2008). Bruk av mange ulike representasjonsformer kan sjåast på som noko som karakteriserer fysikkfaget i stor grad. Eit konsept¹ blir uttrykt på tvers av ulike representasjonar (Lemke, 1998). Dermed krev faget at ein kan forstå og lese dei ulike representasjonsformene, og har ferdigheiter til å bruke desse. Dette kan ofte opplevast utfordrande for elevar, noko som gjerne viser seg ved at elevar unngår å bruke for eksempel visuelle representasjonsformer når dei svarar på oppgåver i fysikk (Angell et al., 2016). Det er nødvendig med forskning om korleis ein kan etablere relasjonar mellom det originale fenomenet og måtane det blir framsilt på (Mayer, 2003; Schnotz & Bannert, 2003).

Ein slik fagleg kompetanse kjem inn under *scientific literacy*. *Scientific literacy* har ikkje nokon klar definisjon, og heller inga god oversetting til norsk. Tidlegare er det blitt brukt andre formuleringar som *Science for all* og *Children making sense of the world*, men sidan 1990-talet er *science literacy* blitt det mest vanlege å bruke (Hodson, 2008). Ein kan imidlertid skilje mellom *science*- og *scientific literacy*, noko eg greier ut i teorikapitlet. Generelt kan ein kritisere forsøk på å definere *science* og *scientific literacy*, fordi dei er begrensa av det forfattaren ser på som essensiell kunnskap og forståing (ibid). Når ein brukar formuleringa om eit spesifikt fag, kan ein legge det allmenndannande perspektivet i det slik Angell et al. (2016) viser til, ved at faget skal bidra til å bli reflekterte samfunnsborgarar. Andre har hovudvekt på fagleg forståing når dei brukar formuleringa, noko eg har valt i denne oppgåva (jamfør avsnitt 2.1 i Teori).

Denne case-studien forsøker å bidra til korleis elevar kan kome lenger på veg mot å oppnå *science literacy* med fokus på representasjonsformene som er karakteristiske ved fysikkfaget. Det er eit bidrag til fysikkdidaktisk forskning, og bidrar med informasjon om korleis elevar enklare kan lære fysikk. Om stempelen som eit vanskeleg fag forsvinn, kan det føre til rekruttering av fleire elevar til fysikkfaget.

¹ Lemke (1998) skriv «scientific concepts», men utdjupar ikkje kva han legg i dette. Han viser til eksitering av elektron i Hydrogen-atomet som eksempel, og kan derfor bruke ordet «konsept» der eg brukar «fenomen» i denne oppgåva.

1.2 Forskingsspørsmål

Hensikta med denne studien er å undersøke bruk av representasjonsformer hos elevar i fysikk, og knytte dette opp mot *science literacy*. Eg vil også forsøke å påverke elevane til å reflektere meir over representasjonsformene, og formulerer **forskingsspørsmålet** mitt slik:

«Korleis kan elevar sine refleksjonar omkring representasjonsformer bidra til å oppnå *science literacy* i fysikk».

For å svare på dette deler eg spørsmålet i to delar:

- 1) Først må eg vurdere samanhangen mellom elevar sin bruk av representasjonsformer i faget og det å oppnå *science literacy*. Her har eg valt å ha hovudfokus på visuelle representasjonsformer, som figurar og grafar. Dette relaterer seg sjølvstgått til andre representasjonsformer som også vil bli nemnt i oppgåva.
- 2) Ut frå å undersøke korleis elevar i utgangspunktet forhold seg til representasjonsformer, vil eg påverke dei til å eventuelt reflektere meir over korleis desse inngår i læringa i fysikk. Dette kan bidra til metakognisjon i faget. Eg brukar ordet *påverke* da eg har eit formål med korleis eg interagerer med elevane i studien.

Utgangspunktet mitt var å studere representasjonsformer i fysikkfaget generelt. Likevel tek data utgangspunkt i atom- og kjernefysikk som tema. Dette er ein konsekvens av klassen sin progresjon i faget og tidsrommet på denne oppgåva. Alle fysikktema er forskjellige, og atomfysikk kan bere preg av abstraksjon og muligens eit tema som krev bruk av mange representasjonsformer for å bli formidla. Dette var fruktbart for studien, samtidig som eg meiner resultatata vil gjelde dei fleste tema i fysikkfaget på den vidaregåande skulen.

Ut i frå lest litteratur, meiner eg at forskinga mi vil bidra til ny kunnskap på feltet. I følgje (Tytler et al., 2013) er det gjort mykje forskning på forholda som ligg til grunn for at elevar tolkar og jobbar med representasjonar gitt av fagfolk. I motsetning til dette er det gjort lite undersøkingar på den produktive bruken av elevane sine eigne representasjonsformer i læreprosessen. I Noreg er det REDE-prosjektet (Representasjon og deltakelse innan naturfag) ved UiO som er ledande innan temaet representasjonsformer i naturfag. Innovasjonen for prosjektet inneber fire modular, der tre av desse rettar seg mot undervisning i skulen. Slik har prosjektet slik eg ser det, eit undervisningsperspektiv på arbeidet sitt. Dermed vil det vere

nyttig å drøfte problemstillinga mi, ved å ta for meg representasjonsformer frå *elev* sitt synspunkt, samt å knytte dette opp mot *science literacy*.

1.3 Utgreiing av ord og uttrykk i oppgåva

Det engelske ordet *science* kan oversettast til naturvitenskap eller naturfag. Fysikk inngår som eitt av naturfaga (REDE, 2016), og eg meiner derfor eg har støtte i å bruke litteratur med fokus på naturfag (eller *science*) så vel som fysikk i denne oppgåva.

I teksten er det brukt ein del engelske ord og uttrykk, da eg finn det vanskeleg å gi ei god oversetting av desse på norsk. Eg meiner dei engelske uttrykka da er meir beskrivande og presise enn eit eventuelt forsøk på å oversette. *Science literacy* er eit døme på dette. Andre plassar skriv eg det engelske ordet brukt i litteraturen i parantes bak ei norsk oversetting.

2. Teori

Her vil eg presentere det teoretiske grunnlaget for problemstillinga mi. Dette ved å ta for meg litteratur om *science literacy*, representasjonsformer og refleksjon og metakognisjon opp mot naturfag og fysikk. Teorien presentert her fungerer som analyseramme for intervjuutdraga Resultat-delen, og som grunnlag for å kunne drøfte resultatata.

2.1 Science literacy

Når målet for naturfagleg utdanning blir diskutert, må ein ofte ta stilling til *scientific literacy* (Sadler & Zeidler, 2009). Dette representerer kva ein forventar elevar og studentar skal vite og kunne etter utdanninga. Knain (2015) påpeiker at det er visjonane til *scientific literacy* som legg til grunn kva verdiar utdanning skal strebe etter, og kva læreplan og skule vi får i samfunnet. Ulike aktørar innanfor utdanning verden over brukar ordet forskjellig, og det fins ingen klar eller felles definisjon på det. Mange ulike aktørar har forsøkt å kome med definisjonar. For eksempel definerte Shen (1975) tre typar av *scientific literacy*, nemleg praktisk, samfunnsmessig og kulturelt. Sidan da har det kome fleire bidrag til forståinga av begrepet, og i 2007 presenterte Roberts to ulike visjonar for *scientific literacy*; Visjon 1 og Visjon 2. I følgje blant andre Sadler og Zeidler (2009) var dette ei nyttig inndeling, som tok hensyn til mange av dei ulike syna på uttrykket som hadde oppstått.

Nokre brukar dei to begrepa *science* og *scientific literacy* om ein annan, og skil ikkje mellom dei. Andre derimot, har eit klart skille mellom desse begrepa og definerer dei ulikt. Eg har valt å sjå korleis representasjonsformer bidrar på vegen mot å oppnå *science literacy*, og velg bevisst ordet *science* framfor *scientific* her². Dette fordi eg fokuserer på faget i seg sjølv i oppgåva. I artikkelen «Scientific literacy, science literacy, and science education», fokuserer Roberts og Bybee (2014) på skiljet mellom *science* og *scientific literacy*. Dei oversett desse to termene til, respektivt, Visjon 1 og Visjon 2 for ein *scientific literate* person. Denne oversettinga blei først gjort av Roberts (2007). Desse to visjonane gir ulike hensikter og mål for naturfagleg utdanning. Visjon 1 inneber kort sagt å kunne faget i seg sjølv. Ei slik hensikt med faget skal forberede elevane til å studere det på eit djupare plan seinare. Forfattarane formulerer det som at Visjon 1 «*looks inward at science*» (Roberts & Bybee, 2014, s.546). Her blir pensum bestemt ut ifrå teknikkar, metodar og godt utprøva forklaringar på

² Min bruk av ordet *science* er bevisst i denne oppgåva. Samtidig brukar eg orda *science* og *scientific* slik forfattarane gjer når eg viser til litteratur, og kommenterer om dei legg omtrent det same i det som meg.

naturfaglege fenomen og objekt. Det Lemke (1998) skriv om at *scientific literacy* enten betyr å ha kjennskap til fakta og konsept i faget, eller å kunne bruke apparatet av representasjonsformer for resonnement og kalkulering, kan begge inngå i Visjon 1.

Litteraturen brukar ulike ord på kva som skal forklarast eller formidlast i fysikk, som *fenomen*, *fakta* og *konsept* i avsnittet over. Eg har valt å bruke orda «fenomen» og «begrep» om kva elevane skal lære eller forstå innanfor ulike fysikktema. Alternative ord kan vere teori eller prinsipp. Om ein søker opp ordet *fenomen* blir det forklart som ei hending, oppleving eller tilfelle, og det kan gjerne innebere ei beveging. Når Knain og Hugo (2007) viser til eksempel av svinging av ein pendel i mekanikk, skriv dei at fagteksten formidlar eit *fenomen*. I denne oppgåva vel eg å beteikne *fenomen* som nettopp ei hending som skjer, som fusjon eller absorpsjon. Ordet *begrep* er også vanleg å bruke innan fysikken. Dette kan bety abstraksjon, idè eller forestilling. I oppgåva brukar eg ordet om fysiske abstraksjonar som energi og kjernekraft. Slik kan også absorpsjon klassifiserast som eit begrep. Når eg derimot refererer til litteraturen, brukar eg same ord som forfattarane brukar. Dei legg ikkje nødvendigvis det same i orda som meg, men det tydeleggjer korleis forfattarane har formulert seg. Eg forklarar da eventuelt om litteraturen legg noko anna i orda enn det eg gjer.

I motsetning til Visjon1, vil Visjon 2 ha vekt på faget i samanheng med samfunnet og til nytte i forskjellige livssituasjonar (Roberts & Bybee, 2014). Desse situasjonane kan ha politiske, økonomiske eller etiske aspekt. Visjon 2 kan ein sjå i samsvar med synet til Angell et al. (2016) på fysikk som eit *allmenndannande* fag. Roberts og Bybee (2014) meiner at å velje ut den eine eller andre visjonen som mål for utdanninga er ufruktbart, og at vi treng å balansere vektlegginga mellom desse visjonane slik at ein legg til rette for flest muleg elevar. Begge er viktige for å bli *scientific literate*. Det er også ein overlapp mellom visjonane, og naturfagleg undervisning vil ha aspekt av begge (Knain, 2015). Eg har valt meg ei problemstilling opp mot Visjon 1, utan at eg meiner å neglisjere Visjon 2 av den grunn. Her er ei bevisst haldning til uttrykka viktig.

I følgje Norris & Phillips (2003), vil ei typisk oppfatning av *scientific literacy* iverata «*the derived sense*» av begrepet, medan «*the fundamental sense*» ofte blir neglisjert. Denne ulike vektlegginga har negative konsekvensar for elevane si forståing av naturvitenskaplege tekstar, meiner dei. Dei refererer til lesing og skrivning, og det å kunne forstå, tolke, analysere og

kritisere ein tekst, når dei nevner *literacy* som *fundamental sense*. Samtidig poengterer dei at tekst her inneber alt som skal lesast, og ikkje berre verbal tekst. Det er ein samansett tekst³ som inneheld også figurar, grafar eller matematisk skrift. Norris og Phillips (2003) er kritiske til eit syn på lesing og skriving kun som verktøy, - i såfall kunne ein tatt dei vekk og stått att med kun naturvitenskapen. Dette meiner dei er umulig, da *fundamental sense* og naturvitenskap er uløysleg knytta saman, i eit konstitutivt forhold. Dei legg vekt på tekst som grunnleggande for vestleg naturvitenskap, og argumenterer for at ein person som ikkje kan lese eller skrive har eit begrensa teoretisk kunnskapspotensial. Slik kan ingen kan nå eit høgt nivå innan naturvitenskap utan å vere «*literate in the fundamental sense*» (Norris & Phillips, 2003, s. 236). Ein kritisk faktor for tilgangen til naturfag blir oversett dersom *fundamental sense* blir neglisjert. Å lese ein samansatt tekst er altså den primære tilgangen til naturfagleg kunnskap.

Det å ha tileigna seg kunnskap innan naturvitenskaplege fag (*being knowledgeable*) blir beskrive som *derived sense* av *scientific literacy*. Norris og Phillips (2003) beskriv det som kunstig å skulle sjå på *scientific literacy* som anten *fundamental* eller *derived sense*. For eksempel vil det vere vanskeleg å tolke og sjå samanhengar i ein gitt vitenskapleg tekst utan å ha kunnskapar om det faglege innhaldet. Knain (2015) påpeiker at språket og *fundamental sense* er viktig for å forstå og uttrykke meining i faget, og dermed viktig for kunnskap i faget sin eigenart. Eg meiner det kan argumenterast for at både *fundamental* og *derived sense* inngår i det å oppnå *science literacy*, i følgje definisjonen av Roberts og Bybee (2014). Det faglege innhaldet, og uttrykksforma av dette i form av ein samansatt tekst, inngår i å få innsikt i faget sin heilheit.

I artikkelen «Science, Culture, and the emergence of language» av Roth og Lawless (2002) blir det også fokusert på språket som eit viktig aspekt av naturvitenskap. Dei fokuserer på læring gjennom det munnlege språket. Denne talen er nølande og fagleg mangelfull i starten når temaet er nytt for nokon, men utviklar seg til å bli meir teoretisk og kan gjerast om til skrift og symbol etter kvart. Forfattarane er ikkje tydelege i bruken av orda *scientific* og *science*, og tek ikkje utgangspunkt i ein eventuell definisjon av *science literacy*. Men dei har fokus på *prosess*en for å tileigne seg eit teoretisk naturvitenskapleg språk. Dei argumenterer for at dette utviklast ut ifrå elevane sine praktiske erfaringar, kontakt med objekt og «hands-

³ Ulike aktørar brukar ordet tekst forskjellig. I oppgåva poengterer eg om det er ein verbal, matematisk eller multimodal (samansatt) tekst det refererast til når ordet blir brukt i litteraturen.

on» praksis. Også aktivitet i form av gestikulering og munnleg tale og diskusjon i grupper inngår i denne prosessen. Kalthoff og Roehl (2011) støttar dette ved å argumentere for at konkrete gjenstandar kan bli brukt til å overføre kunnskap, hovudsakleg i kombinasjon med munnleg tale og gestikulering. Dei vektlegg derfor også materielle objekt som konkreter i undervisinga, i tillegg til sitt fokus på tavla si rolle. Norris & Phillips (2003) derimot nemner ikkje praktiske objekt eller konkrete eksempel på korleis elevar kan tilegne seg betre lese – og skrive-ferdigheiter (*fundamental sense*). Likevel møtes artikkelen deira med Roth og Lawless (2002) sin ved at begge understrekar viktigeita av munnleg tale, lesing og skriving for å oppnå *science/scientific literacy*.

Undersøkingane til Roth og Lawless (2002) viste at språket etter nokre veker var meir presist. Da var det ifølgje dei heller ikkje lenger nødvendig at objekta det snakkast om var til stades, - språket var berikande nok. Dette er dermed ei anna tilnærming enn Norris & Phillips (2003) sin definisjon av *fundamental sense of scientific literacy*. Der sistnevnte betraktar korleis grunnleggande lese- og skriveferdigheiter er ein føresetnad for å kunne tolke og forstå vitenskaplege tekstar, blir prosessen snudd på hovudet hos Roth & Lawless (2002), som fokuserer på at det vitenskaplege språket som trengs *utviklast* i ein prosess med vitenskaplege tekstar og praksisar over tid.

2.2 Representasjonsformer

Når ein snakkar om *tekst* innan naturvitenskap, er det vanleg å legge meir i ordet enn berre det verbale språket. Når for eksempel Norris og Phillips (2003) brukar ordet tekst, inkluderer dei alt som kan lesast; grafar, kart, tabellar, matte-likningar, diagram, figurar osv. Å finne meininga i teksten involverer å integrere dei ulike typane tekst-informasjon med lesarens bakgrunnskunnskap. Da blir noko nytt skapt, - ei tolking av teksten. Dette med tolking kjem eg tilbake til seinare i dette avsnittet. Ein slik tekst kan i følgje Knain og Hugo (2007) kallast *multimodal*. I multimodale tekstar blir kunnskap framstilt ved forskjellige *representasjonsformer* eller *moder*. Knain (2015) beskriv ein representasjon som noko som ofte består av fleire moder, der «...modes are resources for meaning making in representations» (Knain, 2015, s.61). Ein representasjon kan for eksempel vere ein graf, som består av modene verbal og matematisk skrift, og teikna linjer.

Eg vel å gå ut ifrå Knain (2015) si skildring av representasjonsformer og moder i oppgåva. Denne er i samsvar med definisjonen på representasjonsformer i REDE-prosjektet ved Universitetet i Oslo (Representasjon og deltakelse i naturfag). Eg syns definisjonen gir ei

ryddig skildring av moder og representasjonsformer. Ordet representasjon brukast om ein spesifikk representasjonsform:

«Representasjonsformer er semiotisk ressursar som gjenkjennest konvensjonelt som å tilhøre en bestemt gruppe, for eksempel grafer. En bestemt graf er én representasjon.

Representasjonsformer knyttes gjerne til multimodalitet, slik at for eksempel snakk, gester og bilder er ulike moder med sine muligheter og begrensninger. Én representasjon kan inneholde både visuelle elementer og skrift» (REDE, 2016).

Fleire andre aktørar skildrar representasjonsformer og moder på ein liknande måte. Jewitt (2009) skriv at representasjonar og kommunikasjon belagar seg på eit mangfald av moder, der kvar og ein av dei tilbyr same meining men på ulike måtar. Ordet *multimodalitet* har sitt utspring i dette, og inneber at meining er skapt gjennom tolking av mange moder, - ikkje berre verbal tale eller skrift. Kress (2010) slår fast at kvar mode gjer kvart sitt semiotiske arbeid, og har ulike måtar å skape meining på. Derfor er multimodalitet ein viktig del av kommunikasjonen, både fagleg og daglegdags. Multimodalitet tek utgangspunkt i at ein nyttar ulike ressursar for å formidle noko frå verda omkring oss (Selander & Kress, 2010). Desse ressursane er ikkje direkte avbildningar, men derimot meiningsfulle representasjonar av noko.

Forskinga til blant andre Kress et al. (2001), viser at å skape meining er eit resultat av alle modene som verkar *saman*: «...meaning is made in all modes separately, and at the same time, that meaning is an effect of all the modes acting jointly» (Kress et al., 2001, s. 1). Ved å bruke ulike moder kan ein representere ein intensjon eller kunnskap. Også Norris og Phillips (2003) poengterer at å finne meininga i teksten involverer å integrere dei ulike typane tekstinformasjon. Dei ulike representasjonane gjer informasjon tilgjengeleg via fleire kanalar, noko som også er viktig å ta i betraktning da alle menneske lærer på ulike måtar (Lemke, 1998). Dolin (2002) formulerer det som at representasjonsformer er ulike «briller» eller innfallsvinklar til eit fenomen. Det er altså ulike inngangar til det å skape meining, noko som kjem til uttrykk ved forskjellige representasjonar. REDE-prosjektet (2016) støttar dette ved å påpeike at representasjonsformene er ulike inngangar til eit fagstoff. Å ha fokus på desse ved læring i naturfag, aukar kvaliteten og påverkar læringa positivt (Tytler et al., 2013). Studier viser at læringsmiljø som inneber bruk av ulike representasjonsformer, legg til rette for forståing av naturfagleg kunnskap (for eksempel Adadan, 2013; Jornet & Roth, 2015).

I fysikk brukar ein nettopp ein kombinasjon av *fleire* ulike representasjonsformer for å formidle noko. Det er viktig å kunne bevege seg fritt mellom desse representasjonane for å oppnå forståing og kompetanse i faget (Knain & Hugo, 2007; Lemke, 1998). Knain og Hugo (2007) skriv at dette er ein føresetnad for at eit fenomen skal bli gjennomsiiktig og gi fagleg meining. Å kunne skape, omforme og forbinde representasjonsformene med kvarandre bidrar til å forstå eit fysisk fenomen. Å sjå samanhengen mellom dei ulike representasjonsformene, og at desse verkar saman er viktig for læringa. I likheit med dette fastslår Lemke (1998) at det er ved å integrere alle relevante representasjonar at eit konsept⁴ faktisk eksisterer. For å kunne lese ein samansatt tekst på ein best muleg måte, er det ein føresetnad å kunne bevege seg mellom dei ulike modene, - å oversette meininga dei representerer til ei anna form (Kress, 2010). Lemke (1998) slår fast at det er først ved å integrere *alle* representasjonane at eit konsept eksisterer. (Knain & Hugo, 2007) som påpeiker at å mestre faget inneber å kunne bruke og veksle mellom ulike representasjonsformer for eit fenomen. Da opplevast fagteksten som gjennomsiiktig. «Fagtekst» betyr her ein multimodal tekst, noko som kjenneteiknar naturfaglege tekstar.

Kress et al. (2001) poengterer at det å gi oppmerksend til èin mode aleine, gjer at ein mistar meininga som blir kommunisert; «...not just that it fails to capture all the meaning, but it fails to capture *the* meaning» (Kress et al., 2001, s.14). Dette kan forståast som at fenomenet eller begrepet som blir formidla, forutsett ei framstilling av *fleire* moder og representasjonar. Dette støttast av (Knain, 2015) ; «There is meaning in each representation, but some of the meaning can only be found in the interaction between different representations» (Knain, 2015, s. 83).

Representasjonsformer kan på ei side sjåast på som verktøy for å få innsikt i faget og oppnå læring i naturfag (Knain & Hugo, 2007; REDE, 2016). Dette har likheiter med (Kress, 2010) sin argumentasjon om at kvar mode, som representasjonsformer består av, «does a specific thing» (s. 1). Han viser til eksempel om at moder som bilete eller teikningar vil visualisere det som er vanskeleg å beskrive med ord, medan verbal tekst kan beskrive det som er vanskeleg å framstille visuelt. Ein mode kan tilby noko ein annan ikkje kan, og tilbyr ulike eigenskapar og mulegheiter for meiningssaping (*affordances*). Kunnskap blir gitt form gjennom representasjonar, ut ifrå potensialet for meiningsskaping som ligg i dei ulike modene (ibid).

⁴ Lemke (1998) definerer ikkje ordet «concept», men viser til eksempel på eksitering av elektron i atomet. Dette kan da inngå i det eg legg i fenomen i fysikken.

Når ein skal forstå eit fenomen eller begrep presentert ved fleire representasjonsformer, noko som er typisk i fysikk, er ordet *transduksjon* sentralt. Transduksjon er sett på som ein type oversetting, og beteknar prosessen med å overføre mening frå ein mode til ein annan (Kress, 2010). Kvar mode eigne entiteter eller vesen (*entities*). Kress (2010), som fokuserer på interaksjonen mellom tale og teikning, eksemplifiserer at tale som har ein entitet av ord, medan eit bilde ikkje inneheld ord. Derfor krev transduksjon ei omforming frå entitetene i ein mode, til entitetene i ein anna. Aktiviteten med å omforme representasjonar til kunnskap er meningsskapande og grunnlag for læring (Selander & Kress, 2010).

Kress et al. (2001) påpeiker at dei visuelle elementa i ein multimodal tekst er av stor betydning. Kress (2010) går vidare med dette og understrekar at visuelle representasjonar er spesielt rike på informasjon. Han brukar ordet *bilete* (*images*), og viser til eksempel på fotografi og teikningar. I forhold til ord er ikkje bilete berre forskjellige, men også meir innhaldsrike og presise ifølgje han. Verbal uttrykksmåte aleine blir slik ein reduksjon av kva som er muleg å hente ut av visuelle representasjonsformer. Dette støttast Machin (2009) som skriv at in rein verbal tekst vil miste eit stort aspekt av korleis ein tekst kan skape mening. Det visuelle kan bidra til ein meir robust kommunikasjon. Unsworth og Clèirigh (2009) har fokus på at interaksjonen mellom visuelle og verbale moder, og støttar Kress (2010) i at dei saman skaper mening på ein måte som ikkje er muleg med ein av modene aleine. Dei argumenterer for at ein verbal tekst må belyse ukjente visuelle representasjonar, og at visuelle representasjonar må støtte ein ukjent verbal tekst. Viss ikkje vil spesielt uerfarne lesarar oppleve vanskelegheiter.

Grafar er også ei visuell representasjonsform. Roth et al. (2005) trekk fram kvalitetene ved grafar, og poengterer at ein av dei er å vise kontinuitet. Kontinuiteten kan relaterast til praktisk erfaring, og viser noko verbal tekst eller verdier i ein tabell har vanskeleg for å formidle. Ulike representasjonar framhevar ulike aspekt ved eit fenomen. Dette er i samsvar med det Kress (2010) skildrar som *affordances*. Grafen på si side inneber ei matematisering av fenomenet (Roth et al., 2005). Dei er nyttige for å summere store mengder data på ein praktisk (*economical*) måte. Den visuelle linja er også eit særeige trekk ved graf som representasjon. For å kunne lese ein graf, må ein utvikle ein viss grad av «*graphicacy*», - ein evne til å forstå og bruke grafar. Dette er viktig for å forstå fysikken som er involvert.

Når ein finn meininga i ein multimodal tekst skjer det ei tolking av teksten, og noko nytt blir

skapt (Norris & Phillips, 2003). Tolking er sjølve hovudkjelda til å forstå samanhengane mellom representasjonane i teksten. Også ifølgje Kress (2010) er tolking ein føresetnad for at det er skjedd ein kommunikasjon mellom teksten og lesaren; «only if there has been an interpretation, has there been communication» (s. 35). Selander og Kress (2010) påpeiker at det som skal lærast ikkje kan skiljast frå formen det blir presentert ved, da desse er tett knytta saman. Dei formulerer det slik: «Form kan inte, annat än analytisk, åtskiljas från funktion och innehåll» (s. 23). Designet av representasjonar av eit begrep eller fenomen, legg grunnlaget for kommunikasjon. Men desse kan tolkast forskjellig, og det er fleire budskap å finne i ein representasjon. Dermed er tolkaren like aktiv som forfattaren. Mottakaren må slik aktivt orientere seg og skape meining av det som blir presentert. Ressursar som blir designa for eit spesifikt formål har eit meiningspotensial (van Leeuwen 2006 i Selander & Kress, 2010). Denne er relatert til både hensikta hos forfattaren, og også den oppfatta meininga hos mottakaren som skal tolke representasjonen.

Unsworth og Clèirigh (2009) påpeiker også læraren si rolle når det gjeld visuelle framstillingar, med vekt på bilete. Lærarar må vere klar over behovet om å « «talking out» particular aspects of images» (Lemke 1989; Unsworth, 2001 i Unsworth & Clèirigh, 2009, s. 163). Dette kan tolkast som at representasjonsformene må bli gjort eksplisitte. Dei må bli gjort klare og tydelege for elevane, og «pakkast ut» med tanke på kva informasjon dei inneber. Kalthoff og Roehl (2011), som fokuserer på konkrete (objects) i undervisinga, poengterer også at læraren her har ei vesentleg rolle. Konkreta må bli oversatt og gitt meining av læraren for at dei skal ha effekt på læringa. Fleire studier viser at lærarane må prioritere meir tid på meiningsskaping og integrasjon av ny kunnskap (for eksempel Kang et al., 2008 og Ruiz-Primo & Furtak, 2007). Undersøkingar viser også for at det er utfordrande for elevar å bevege seg mellom, og å forbinde, ulike representasjonsformer (for eksempel Jornet & Roth, 2015 og Kozma, 2003).

Læraren si rolle for å fremje munnleg aktivitet er òg av betydning for læringa til elevane. I ein case-studie i fysikk, viser Jornet og Roth (2015) at læraren har ei viktig rolle i å rette merksemda til elevane mot dei relevante aspekta ved ein representasjon. At lærar leia ein klasseromsdiskusjon og stilte relevante spørsmål, var ein viktig ressurs for elevane i forståinga av representasjonane av eit fysisk fenomen. Forfattarane poengterer at munnleg aktivitet oppsto hos elevane ved oppgåverekning, og er eit fundamentalt aspekt i arbeidet med koordinering av representasjonsformene. Da blei det diskutert kva som var relevant og ikkje

blant anna ved å fokusere på formuleringa i oppgåveteksten (ibid). Gjennom samtale med elevane kan læraren få forståinga deira opp på eit nytt nivå (Haug, 2014). Det er da viktig elevane får anledning til diskusjon og å utveksle erfaringar frå deira første møtet med ein representasjonsform.

Haug (2014) etterlyser meir fokus på korleis læraren kan engasjere elevar til diskusjon, og korleis han skal reagere på responsen hos elevane for å fremje forståing. Ruiz-Primo og Furtak (2007) gir eksempel på at lærarar ofte fører einsidige diskusjonar der elevane berre kjem med korte svar på læraren sine spørsmål. Ved å vurdere responsen elevane gir kan ein fremje læringa og korleis ein kan forbinde nye begrep med kjente. Det sosiale perspektivet her, på interaksjonane mellom lærar og elevar og læring som følgje av diskusjon, kan sjåast i lys av Vygotskij (1978) sin teori om den proksimale utviklingssona. Teorien går ut på at sosial aktivitet er grunnleggande for intellektuell utvikling, og at læring skjer mellom det eleven kan lære seg sjølv og kva han kan klare med støtte frå læraren. Ved at læraren rettleiar eleven, vil han til slutt flytte grensene for kva han kan klare på eigenhand.

Læraren kan også ha ei rolle for at elevane skal kunne ta stilling til kva representasjonsform dei vil bruke. Kress (2010) skriv det er viktig at elevar får kunnskapar om kva forskjellige moder som finns. Knain (2015) skriv at naturfaglege tekstar reflekterer intensjon og kunnskap. Representasjonsformene gir dermed eit inntrykk av kva eleven kan. Også Selander & Kress (2010) skriv at representasjonar viser individets forståing av, og kunnskap om, eit fenomen. For å vise kva ein kan må ein ha visse ferdigheiter, som blir utvikla gjennom kunnskap og ressursar. Ein slik ferdigheit kan derfor vere å kunne uttrykkje seg med ulike representasjonsformer. Tytler et al. (2013) støttar dette med å sei at «representing entails both the processes of coming to know in this subject as well as what is known» (Tytler et al., 2013, s. 3). Representasjonsformene bidrar altså i læringsprosessen, samtidig som dei representerer kunnskapen eleven veit. Knain og Hugo (2007) går lenger ved å slå fast at å kunne presentere kunnskapen sin slik er ein eigen kompetanse i faget. Representasjonsformene er derfor tett knytta opp mot innsikt og tenking i faget. Dette støtter opp under argumentasjonen til Selander & Kress (2010) om at form og innhald ikkje kan skiljast frå kvarandre, anna enn analytisk. Slik kan ein diskutere om representasjonsformer er sjølve faget.

2.3 Metakognisjon og læraren si rolle

Refleksjon er eit ord ein brukar i daglegtalet, men presenterer ein uklar språkleg kategori som teoretikarar definerer ulikt (Klemp, 2013). Om ein slår opp ordet blir det forklart blant anna som ettertanke, betraktning og tanke. Klemp (2013), som på si side fokuserer på lærarutdanninga, påpeiker at refleksjon handlar om å sjå *tilbake* på noko. Det er også ein måte å tileigne seg kunnskap på gjennom dialog med andre, da fleire teoretikarar forstår «refleksjon som en dialogisk kunnskapsframbringende metode» (Klemp, 2013, s. 44). Ein måte å forstå refleksjon på er at det handlar om bevisstgjerung. Refleksjon er ikkje ein kva som helst samtale eller tenkemåte, men skjer i bevisstheita og skal gi nye erfaringar og ny kunnskap (Grüters, 2011 i Klemp 2013.). Fleire studier trekk fram tid som ein kritisk faktor for refleksjon (Garet et al., 2001; Borko, 2004; Timperly, 2007 i Klemp (2013)). Det tek tid å tilegne seg refleksjonsferdigheiter, men dette kan trenast opp. Dewey (1933) argumenterer for at refleksjon inneber kritisk tenking, der ein leiter etter bevis eller data som støttar eller avkreftar eit forslag eller anmodning. Refleksjonsprosessen inneber å tenke både bak og fram i tid, noko som er utfordrande.

Sawyer (2006) held fram med at elevlar treng støtte i å kanalisere kunnskap og at dette til føre til nyttige refleksjonar. «Students need help in articulating their developing understandings; they don't yet know how to think about thinking, and they don't yet know how to talk about thinking» (s. 12). Ein av grunnane til at artikulasjon er nyttig ved læring er at det muleggjer refleksjon eller metakognisjon. Han seier spørsmålet om korleis ein kan støtte elevlar i nyttige refleksjonar er ein av dei mest sentrale tema i utdanningsforskning i dag. Når forståinga til elevane enda er ufullstendig, og dei er i ein prosess mot å forstå, er munnleg tale fruktbart. Dette i motsetning til å først forstå, og dermed uttrykkje det. Talen kan vere i form av høyttenking eller forsøk på å forklare nokon andre, og kan vere eit reiskap for refleksjon. Andriessen (2006) argumenterer for «Arguing to Learn», nemleg at ein ved munnleg diskusjon og argumentasjon med kvarandre kan oppnå læring. Elevane treng støtte til dette, og kan ikkje enkelt bli fortald at dei skal lære ved argumentasjon. Elevane må også lære å støtte argumentasjonen til kvarandre (ibid). Eit miljø med fokus på samtalen bidrar til å utvikle metakognitiv kompetanse (Timperly, 2007 i Klemp, 2013).

Refleksjonar seier noko om metakognisjon hos elevane. Det er fleire definisjonar på ordet, blant anna «kunnskap og innsikt i eigne tankeprosessar» (Nisbet & Shucksmith, 1984). Imsen

(2014) definerer metakognisjon som «det å reflektere over sin egen læringsprosess ved hjelp av de same tankene som man bruker til å lære med» (s. 63). Sawyer (2006) forklarar ordet som tankar om læreprosessen og tankar om kunnskap. Metakognisjon inneber refleksjonar over korleis og kva ein har lært, og inngår no i fleire utdanningssamanhengar (Selander & Kress, 2010). Ordet inneber altså å kunne reflektere over korleis ein lærer. Denne refleksjonen foregår inne i hodet til eleven, og er noko berre eleven sjølv har god kunnskap om (Ericsson & Simon, 1993). Ein som står utanfor kan berre få eit inntrykk av kva som foregår i tankane til eleven, gjennom å tolke det som seiast munnleg.

Som nemnt i avsnitt 2,2 påpeiker fleire teoretikarar at elevane kan trenge hjelp til tolking av multimodale tekstar. I denne samanheng trekk Tytler et al. (2013) fram læraren si rolle også med tanke på metakognisjon. Læraren må guide elevane for at dei skal bli klar over nøkkel-element (key features) ved kvar enkelt representasjon. Dette krev at lærar og elev begrunnar og forklarar deira forståing av representasjonane. Representasjonsformene vil da bli gjort eksplisitte, noko som vidare kan bidra til metakognisjon. Lemke (1998), som legg vekt på koordinering av fleire ulike representasjonsformer for å forstå eit konsept, påpeiker også at denne behandlinga av multimodale tekstar må bli lært. Han konkluderer blant anna med at dette vil gi eit viktig bidrag til metakognisjon. Med dette meiner han at både lærarar og studentar må bli klar over representasjonsformene sin eksistens, ressursar, bruksområde, og korleis dei kan interaktere med kvarandre.

Å informere elevane om kva dei skal gjere med dei ulike representasjonane, er ein indirekte måte å indusere meir behandling av dei (Renkl et. al, 2004 i Azevedo & Aleven, 2013). Azevedo og Aleven (2013) tek utgangspunkt i at menneske i alle aldrar har vanskeleg for å lære seg komplekse teoriar i naturfag og matematikk. Ei av hovudutfordringane er at læring krev at eleven til ei kvar tid vurderer kva strategi som er hensiktsmessig å bruke. Dette krev igjen refleksjon over eiga læring, og involverer metakognitiv kontroll.

3. Metode

For å få svar på forskingsspørsmålet mitt, har eg valt å bruke dei kvalitative metodane video-observasjon og gruppeintervju av to elevar. Kvalitativ metode er ei grunnleggande forskingstilnærming, som har som mål å samle inn mest muleg data ved hjelp av eit begrensa antal informantar (Christoffersen & Johannessen, 2012). Metoden vektlegg detaljar og synspunkt hos kvart enkelt individ (Jacobsen, 2005). Nærleik til informantane og fleksibilitet, er fordelar som ofte blir trekt fram ved kvalitativ metode. Dette såg eg på som ein stor fordel da det var første gong eg undersøkte temaet for problemstillinga mi, og sidan dette innebar feltarbeid. Å bruke ulike former for datainnsamling er eit typisk trekk ved kvalitativ tilnærming (ibid). Ved å kombinere ulike metodar får ein eit rikt og detaljert innsyn i det som studerast, og ein får belyst det som skal undersøkjast på ulike måtar (Denzin & Lincoln, 2000; Yin, 2007). Dermed kan ein kombinere styrkane og svakheitene ved dei ulike tilnærmingane.

Videoobservasjonane brukast som grunnlag for kva vi snakkar om i intervjua. Dei bidrar også til å skildre situasjonen for elevane i klasserommet. Intervjua er på si side det eg legg vekt på som data i denne studien. Val av metodar spring ut av rolla mi som forskar i dette prosjektet. I dette kapitlet vil eg begrunne dette, og beskrive gjennomføring i felt - og analysearbeidet. I dei siste avsnitta tek eg for meg etiske betraktningar og kvaliteten av datamaterialet.

3.1 Mi todelte rolle i studien

I kvalitativ forskning er forskaren ofte involvert med deltakarane. Da er det viktig å gi eit tydeleg bilete av forholdet mellom forskaren og settingen, og forskaren og deltakerane (Creswell, 2014). I likheit med problemstillinga mi, er også rolla mi i datainnsamlinga todelte. På den eine sida ville eg undersøke korleis elevane forholdt seg til representasjonsformer, og korleis dette kan bidra til å oppnå *science literacy* i fysikkfaget. På den andre sida ville eg gjere elevane meir merksame på representasjonformer, og eg ønska å påverke dei gjennom samtale. Eg ville sjå om eg kunne sette i gang refleksjonar hos elevane omkring representasjonane som blei presentert i undervisinga. Slike refleksjonar kan bidra til metakognisjon hos eleven, - deira tankar om korleis dei lærer (jamfør avsnitt 2.3).

Det kan verke problematisk at rolla mi ved datainnsamlinga var todelte. Eg var opptatt av å skilje mellom det eg sa for å påverke dei, og spørsmål eg stilte for å få inntrykk av deira bruk og syn på representasjonsformer. Samtidig kunne det eg sa også passe i begge desse kategoriane, som når eg spurte om kvifor det var vanskeleg å forstå ein bestemt figur. Svaret

kunne gi meg inntrykk av kva som var vanskeleg, og korleis figuren lettare kunne bli forstått. Samtidig kunne det få dei til å reflektere og bli merksame på kva informasjon den bestemte figuren tilbydde.

3.2 Casestudie og utveljing av informantar

Som ein konsekvens av mi rolle i forskinga, var det naturleg å velje ein sekvensiell casestudie. Dette fordi eg ville prøve å påverke elevane og undersøkje ei eventuell endring. Case-studier er mykje brukt innan utdanningsforskning (Christoffersen & Johannessen, 2012). Casen studerast i ein viss *setting*, og er bestemt av tid og stad. Ordet *case* kjem frå latin og tyder *tilfelle*. Her er målet å samle inn så mykje informasjon som muleg frå det avgrensa tilfellet. Her ser ein på noko i detalj, gjerne frå ulike innfallsvinklar, for å gå i dybden av casen (Thomas, 2011). Hensikta er å få eit rikt og detaljert inntrykk heller enn å generalisere. Verdien i slik kvalitativ forskning ligg i den konkrete beskrivinga av noko, og ikkje i generalisering (Creswell, 2014; Jacobsen, 2005). Ein case-studie er også ein «real life» - situasjon (Simons, 2009). Min case i denne studien er to spesifikke elevar i deira fysikkundervisning. Dette kan eg kalle ein «real life» - situasjon, da fysikktimane ikkje var tilpassa forskinga mi, og elevane var i ein naturleg undervisningssituasjon. Metodane observasjon og gruppeintervju er også typiske tilnærmingar ved case-studier (Christoffersen & Johannessen, 2012).

Feltarbeidet mitt pågjekk over tre veker, der òi veke representerer ein case i denne oppgåva. At ein case-studie kan bestå av eit fåtal case`ar, støttast av Hammersley og Gomm (2000). Thomas (2011) bekreftar dette og legg til at ein case-studie ser etter samanhengar og prosessar. Tidsperioden i felt gjorde det muleg for meg å undersøkje ein *prosess* av respons og metakognisjon omkring representasjonsformer. Å undersøkje case`ane kan gjerast på ulike måtar, og Thomas (2011) nemner «multiple, comperative, cross-case analysis, parallell and sequential studies» blant anna. Da eg ser på utviklinga hos dei same elevane over ein tidsperiode, kan betegninga *sequential studies* stemme for denne studien. Her kjem situasjonane etter kvarandre, og ein antar at det som skjer i den eine påverkar den neste. Eg ville påverke elevane gjennom samtale og sjå om dette ga utslag i neste case. Ved å samanlikne slutt-situasjon med start-situasjon fekk eg da grunnlag til å undersøkje kva rolla mi hadde ført til i løpet av perioden.

Min case – utveljing av informantar og kontekst

Eg valte å ta kontakt med ein skule eg kjente til da eg skulle finne ein lærar og elevar som var villige til å bli med på forskingsprosjektet. På denne skulen hadde eg hatt praksis og eit vikariat nokre månader før feltarbeidet, og kjente nokre av dei tilsette. I tillegg utførte eg eit pilotprosjekt på intervju av ein fysikkelev gjennom eit metodefag hausten 2016, og eg spurte den same læraren om eg fekk kome att for å gjennomføre feltarbeid til masteroppgåva. Eg fekk umiddelbart positivt svar, og hadde eit møte med læraren saman med rettleiaren min. Da hadde læraren allereie spurt to av elevane i klassen om dei kunne tenke seg å delta. Ho spurte desse to ut frå skildringane mine av prosjektet. I mailen sto det også at eg ønska to elevar som hadde lett for å prate, og som gjerne jobba ilag. Rekrutteringa blei slik gjort med god hjelp av faglærar, noko eg ser på som fordelaktig da ho kjente elevane.

Kvalitativ metode kjenneteiknast ved at det berre er eit fåtal informantar med i studien (Christoffersen & Johannessen, 2012). Dette var naturleg også for min case, og eg valte å studere *to* elevar av praktiske årsaker. Eg ville intervju dei same elevane over ein periode, for å sjå ei eventuell utvikling over tid. Da var to elevar ikkje for mange, i forhold til å få eit godt og detaljert inntrykk av deira synspunkt. Eg vil også argumentere for at det var fordel å ha to elevar i motsetning til ein, da det kunne gjere det lettare å prate under intervjuet, og det kunne skape diskusjon dei imellom. I tillegg var det praktisk å filme to elevar samtidig i klasserommet, da dei alle satt to og to og jobba ilag, og det kunne dokumentere fagleg diskusjon dei imellom. Samtidig kunne det gjere det lettare for dei å seie ja til prosjektet om klassekameraten også var med. Å eventuelt filme og intervju fleire elevpar ville gitt for stor datamengde med tanke på tidsramma til oppgåva. Talet på informantar vart dermed lite, men til gjengjeld hadde eg mulegheit til å gå i dybden og gjere grundige undersøkingar ved kvar case. Eg hadde dermed ein utvalgsstrategi basert på *hensiktsmessigheit* framfor *representativitet*, noko som også er typisk for kvalitativ tilnærming (Christoffersen & Johannessen, 2012).

Veka etter første møtet var eg i klasserommet for å presentere meg og informere om prosjektet. Eg delte ut informasjonsskriv til alle elevane (sjå vedlegg 1, Informasjonsskriv). I pausane snakka eg med dei to elevane læraren hadde spurt for å forsikre meg om at dei ville delta. Denne veka var eg i klasserommet alle fem timane elevane hadde fysikk, for å forberede meg til datainnsamlinga. Dette var ein ustrukturert observasjon ifølgje Thomas (2011). Dette var også for å la læraren og alle elevane i klassen bli vant til meg. Dette kunne

skape ein mest muleg naturleg situasjon da feltarbeidet starta (Angrosino, 2007). Samtalane eg hadde med dei to elevane da, kan sjåast på som eit uplanlagt, ustrukturert intervju, som kunne hjelpe meg med å bygge ein relasjon med eleven (Christoffersen & Johannessen, 2012). Da blei eg litt kjent med eleven, og haldningar og innblikk i eleven si oppfatning av faget. Ein av elevane hadde eg også intervjuet i eit pilotprosjekt nokre månader tidlegare, og det var lett å ta opp att kontakten. Dermed kunne eg gå raskare i gang med det første intervjuet i datainnsamlinga, noko som var ein fordel da eg hadde knapt med tid. Tjora (2012) trekk fram at kontakten med informanten pregast blant anna av tillit og respekt, og eg ville også at elevane skulle føle seg trygge på meg som person før intervjuet tok til.

Påfølgande veke starta sjølve datainnsamlinga. Dei to elevane blei filma dei tre fysikktimane dei hadde på måndagar. Dei deltok saman på intervju dagen etter, der vi hovudsakleg snakka om det som skjedde i timen dagen før. Eg var også tilstades i fysikktimane dei hadde på onsdagar. Dette for å følgje med på kva teori som blei gjennomgått, for å observere klasseromsituasjonen og få innspel til kva eg ville spørje om i intervjuet, og for at elevane skulle bli vant til meg. Eg skreiv feltnotat frå måndagane og onsdagane, og brukte dette som supplement til film - og lydopptaka frå måndagstimane for å lage intervjuguide (sjå figur 2.) Denne prosedyren gjekk føre seg kvar veke, i alt tre veker innan februar 2017. Kvar veke utgjorde ein case, innebar ei undervisingsøkt og intervju. Elevane hadde ei veke vinterferie før tredje og siste veke med datainnsamling.



Figur 2: Prosedyre for datainnsamling for èi veke. Desse data representerer èin case. Denne syklusen gjentok seg tre veker innan ein periode på èin månad (februar 2017). Studien er dermed basert på tre sekvensielle case`ar.

Læraren hadde jobba på skulen rundt 10 år, og underviste i matematikk og fysikk. Ho hadde også erfaring med å rettleie praksisstudentar frå PPU (Praktisk-Pedagogisk Utdanning).

Elevane, som eg fiktivt kallar Eva og Kari, hadde berre dette faget saman, men pleidde å sitte saman og jobbe ilag. Eva gjekk på Vg2, medan Kari tok faget som privatist og var eit par år eldre. Begge tok kjemi og R1 parallelt med fysikkfaget, Kari også biologi. Det var første skuleår elevane hadde fysikk. At dei var forholdsvis ferske i faget såg eg på som ein fordel. Fysikk opplevast gjerne vanskeleg i starten (Angell et al., 2016), og bruk av ulike representasjonsformer er nettopp noko som karakteriserer faget i stor grad (Knain & Hugo, 2007; Lemke, 1998). Det ville vere interessant å høyre kva ferske elevar hadde å sei omkring representasjonsformene.

Dette var elevar som ikkje var redd for å prate og uttrykkje meiningar. Samtidig var dei ikkje av typen som lett tok til seg teorien og tankegangen i fysikk. Derimot brukte dei tid på faget og jobba mykje med det ifølgje læraren. Dette såg eg på som positivt, da dei kunne vere meir reflekterte over ulike representasjonar og utfordringar i faget enn kanskje fåtalet av elevar som tykkjer faget sin eigenart fell seg lett og naturleg. Utveljinga var slik også eit strategisk

utval, noko som Christoffersen og Johannessen (2012) også påpeiker er typisk for kvalitativ metode.

3.3 Observasjon som metode

3.3.1 Grunning

Eg ville i utgangspunktet bruke samtale med elevane som data i denne studien. Men sidan problemstillinga mi omhandlar representasjonsformer, var det nyttig å observere korleis elevane faktisk behandla desse i utgangspunktet. Tjora (2012) argumenterer for at ein bør bruke observasjon når ein vil finne ut kva folk gjer. Observasjon via film ville dermed gi eit konkret utgangspunkt for intervjuet, i tillegg til observasjonane mine av klassen og læraren frå bak i klasserommet. Ved å bruke fleire synsvinklar slik fekk eg meir informasjon om klasseromsituasjonen (Kumar og Miller, (2005) i Miller og Zhou (2006)). Ein kan bruke det som eventuelle tilleggsgdata til andre metodar for å få fram fleire perspektiv og for å få meir utfyllande informasjon (Christoffersen & Johannessen, 2012; Tjora, 2012). Observasjonane fungerte slik som grunnlag for gruppeintervjuet, og kan kallast tilleggsgdata. *Intervjuet* var min hovud-datakjelde, og det eg seinare analyserte.

Metoden ga meg da eit rikt inntrykk av situasjonen og mykje å gå tilbake til ved intervjuet. Ein skil mellom deltakande og ikkje-deltakande observasjon, open og lukka (Christoffersen & Johannessen, 2012). I undersøkinga mi valte eg å vere ikkje-deltakande observatør i den forstand at eg haldt med bak i klasserommet under videoopptaket og deltok ikkje i samhandling med elevane. Dette fordi eg ville påverke elevane minst muleg i undervisningssituasjonen. Samtidig var observasjonen open da elevane visste at dei blei observert via film, og fordi dei visste litt om kva tema eg hadde fokus på. Fokuset mitt hadde eg nemnt kort veka før, og det sto også på samtykkeskjemaet dei hadde signert på (sjå vedlegg 2, Samtykkeskjema).

Da observasjonane skulle fungere som grunnlag for intervjuet, var det mest hensiktsmessig å observere i form av video. Dette for å kunne ha mulegheit til å gå tilbake til det som blei sagt og gjort, og undersøkje det grundigare. Det er vanskeleg å hugse hendingar i detalj, både for elevane og meg, og eg kunne ikkje notert for hand alt som var relevant på kort tid. Med video unngår ein operommet mellom det som faktisk skjedde og det som eg eller elevane kunne sagt og innbilt oss at skjedde (Jordan og Handerson (1995) i W. M. Roth (2006)). Da klasserommet inneheld mange komplekse interaksjonar må ein ta ei avgjerding om *kva* ein vil filme, noko som har store konsekvensar for resultatata (Miller & Zhou, 2006). Da eg ville ha

fokus på elevane og deira bruk av representasjonsformer, valte eg å filme pulten der dei jobba. Det var det som foregjekk der eg ville ha informasjon om, og elevane ga også uttrykk for at dei var mest komfortable med at ansikta deira blei med på videoen berre i liten grad. Eg kallar denne filmen for «observasjonsfilmen» i oppgåva. Dette for å skilje han frå filminga som blei gjort av intervjua.

3.3.2 Gjennomføring av observasjon

Elevane blei filma gjennom alle tre timane på måndagane. Eg sette opp kamera da elevane hadde sett seg ved ein eigna pult som eg foreslo. Kamera blei satt på pulten framom, slik at pulten deira blei filma opp ned. Dette viste seg å vere den beste måten å filme på, etter å ha testa andre vinklar først. Ein bandopptakar blei lagt på pulten deira.

Eg satt bak i klasserommet medan filminga pågjekk, og noterte det lærar og klassen sa og gjorde. Dette skreiv eg om til feltnotat da timane var ferdige. Eg såg igjennom filmen same dag, og brukte dette som grunnlag for å lage ein intervjuguide til intervjuet neste dag.

3.4 Gruppeintervju som metode

3.4.1 Grunning

Det er ulike former for intervju, som individuelle, gruppe - og fokusgruppe-intervju (Halkier, 2010). Eg valte gruppeintervju fordi eg ville intervju to elevar samtidig, og fordi eg ville styre samtalen. I motsetning til å ha fokus på berre spørsmål og svar, blir slike kvalitative intervju ofte karakterisert som ein dialog eller samtale (Christoffersen & Johannessen, 2012). Men til forskjell frå den kvardagslege samtalen pregast han av struktur og formål (Kvale, 1997). Forskaren er fleksibel og har mulegheit til å tilpasse neste spørsmål eller kome med oppfølgingsspørsmål til det som blir sagt. Dette såg eg på som ein stor fordel da eg ikkje hadde undersøkt temaet representasjonsformer før.

Dette var også grunnen til at eg valte eit semistrukturert intervju. Eg hadde laga ein overordna intervjuguide, som typisk gir grunnlaget for eit slikt intervju (Brinkmann et al., 2012). Han inneheldt tema eg ville ta opp, utan at eg var bunde til rekkefølga av desse. Ein slik guide fungerer som påminning og hjelp, og gir stor fridom til å følgje opp det informanten seier (Thomas, 2011). Han kan òg innehalde forslag til spørsmålsformuleringar. Eg øvde på å formulere meg saman med ein medstudent før kvart intervju tok til. Sidan datakjelda mi i hovudsak var intervjuet, var det viktig å kunne stille gode, relevante spørsmål. Intervjuguiden laga eg ut ifrå observasjonsfilmen. Da kunne eg avklare kvifor dei gjorde som dei gjorde, eller ikkje gjorde noko, og deira tankar om dei ulike representasjonsformene. Desse kunne bli presentert av lærar, dei sjølv, bøker eller oppgåver. I kvalitative intervju vil forskaren finne ut

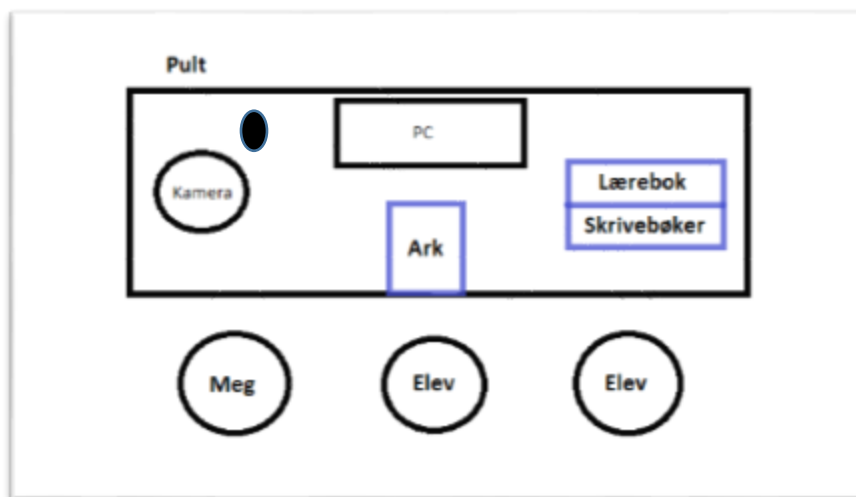
kvifor intervjupersonane handlar som dei gjer, og deira oppleving av dette (Kvale & Brinkmann, 2015). Intervjua brukast når tema skal forståast ut ifrå intervjupersonane sine egne perspektiv. Dette egna seg godt for min case da eg ville ha fokus på eleven i læringssituasjonen, og deira refleksjonar.

Ein annan grunn til å velje kvalitativt intervju, var at informantane fekk større fridom til å uttrykke seg enn det for eksempel eit strukturert spørjeskjema ville gitt (Christoffersen & Johannessen, 2012). Eleven sine tankar og oppfatningar kjem best fram når eleven sjølv kan påverke kva det skal snakkast om. Eg ville leggje til rette for at eleven kunne kome med informasjon og synspunkt utover det eg kunne forvente meg på forhand. Brinkmann et al. (2012) poengterer at det er viktig å vere open for samanhengar og motsetningar ein ikkje hadde venta seg. Å vere ein oppmerksom og sensitiv lyttar var da essensielt for meg, noko Kvale og Brinkmann (2015) framhevar som noko av det viktigaste ved intervjuet.

Eg valte å filme gruppeintervjuet også, av fleire årsaker. Grunnlaget for samtalen var at vi såg på observasjonsfilmen ilag, og eg tenkte det ville bli ein del peiking på skjermen og henvisning til det vi såg der. Dette vart ikkje tilfelle, da vi såg filmsnuttane utan å prate så mykje, og heller diskuterte etterpå. Derimot blei skrivebøkene deira og læreboka brukt i stor grad under intervjuet, samt eit ark der eg teikna og forklarte teori. Dermed var video eit nødvendig instrument likevel, i motsetning til å berre bruke bandopptakar, for å få med det visuelle aspektet til den seinare transkriberinga. Film gjorde òg at materialet kunne bli sett fleire gonger, i motsetning til om det var avhengig av memorisering eller notat. Det var ei objektiv form for datalagring, som eg kunne gå tilbake til og reflektere over fleire gong (W. M. Roth, 2006). Å ha samtalen på video gjorde det muleg for meg å reflektere over situasjonen og formuleringane mine, slik at eg kunne forbetre meg til neste gruppesamtale. W. M. Roth (2006) påpeiker også at ved sjå på film saman blir ein konfrontert med måten andre ser på oppførselen på. Ved at elevane såg på observasjonsfilmen ilag med meg, fekk dei mulegheit til å reflektere over sin eigen arbeidsprosess på ein ny måte. Dette ville eg utnytte til å påverke dei til å bli bevisst representasjonsformene i læringa si.

3.4.2 Gjennomføring av intervju

Gruppeintervjuet foregikk i «midttimen» på tysdagane, - da hadde elevane undervisingsfri. Vi sette oss alle tre ved ein pult. Dei hadde skrivebøkene sine på pulten, eg hadde lærebok og ark til å teikne på. PC`en min blei satt fram, og kamera blei satt opp på ei venstre side av pulten, der eg satt (sjå figur 3). Linsa hadde stor vidvinkel og var retta slik at både elevane, arket, bøkene og PC`en blei med på biletet. Ein bandopptakar blei lagt på pulten da lyden var betre på denne, og også som sikkerheit i dokumentasjonen.



Figur 3: Intervjusituasjonen

På første intervjuet starta eg med å informere om at eg hovudsakleg ville stille spørsmål ut ifrå det som skjedde i timane dagen før. Eg nemnte igjen at eg hadde fokus på ulike *framstillingar*, og presiserte eg kva eg la i det og kom med eksempel (representasjonsformer). Eg valte ordet framstillingar framfor representasjonsformer her. Dette fordi eg rekna med dei hadde eit forhold til det ordet, og mest sannsynleg ikkje hadde høyrte om sistnemte.

Eg starta intervjuet med å repetere kort kva tema som var blitt gjennomgått i timane, og kva som skjedde i hovudtrekk. Eg kunne også gjenfortelje ein episode derifrå, og viste filmsnutt frå observasjonsfilmen der det var nyttig. Etterpå snakka vi om det som hadde skjedd, hovudsakleg ved at eg stilte spørsmål og dei svara. Da kom gjerne elevane med stadfesting eller oppfølgingskommentar på det eg eller ein av elevane sa, og av og til diskuterte dei mellom seg. Men samtalen var i stor grad styrt av meg, og dei sa ikkje mykje på eiga initiativ berre ut ifrå det vi såg på observasjonsfilmen.

Under intervjuet teikna eg figurar på ark (figur 7, 8 og 11 i Resultat-delen). Dette for å vise til kva som blei teikna av elevane eller lærar i timen, for å påpeike kva som eventuelt *ikkje* blei teikna, og også for å kome med forslag til figurar som kunne vore nyttige for å fått forklart det

dei tykte var vanskeleg. Eg stilte spørsmål ut ifrå intervjuguiden. Han fungerte også som hjelpemiddel for å lett kunne spole fram til sekvensar i observasjonsfilmen eg ville vise før eg stilte spørsmål. Tida var gjerne knapp, og intervjuet gjekk ofte litt inn i pausen og tok om lag 50 min kvar gong. I tredje og siste intervju var eg nøye med å sette opp tema i prioritert rekkefølge, slik at eg fekk spurt om det viktigaste. Likevel blei vi brått avbrutt av ein annan klasse som skulle ha time, og på dette intervjuet var det også berre ein av elevane som deltok. Derfor kom eg tilbake dagen etter og hadde ein siste samtale med begge elevane samla i pausen mellom fysikktimane deira på onsdagen. Da fekk eg stilt fleire overordna spørsmål om deira tankar om prosjektet mitt i sin heilheit. Det blei også ei fin avrunding av prosjektet der eg takka for meg og ga dei ei påskjønning som takk for hjelpa.

3.5 Ethiske betraktningar

Formelt blei dei etiske vurderingane gjort av NSD- Norsk senter for forskningsdata. Søknad dit blei sendt og innvilga. I tillegg blei det sendt ei skildring av korleis datainnsamlinga skulle foregå, med eksempel på mulege spørsmål som kunne bli stilt i intervjuet (sjå vedlegg 3, Intervju NSD). Men utover det er det ein rekke etiske aspekt eg som forskar må ta stilling til, både før, under og etter datainnsamlinga. Thomas (2011) poengterer at dette er spesielt viktig i case-studiar da forskaren er tett involvert med informantane. Eg stilte meg audmjuk til at elevane ga av tida si i ein travel skulekvardag, ville dele synspunkta sine med meg, og at eg fekk kome nært innpå deira skulekvardag. På forhand tok eg stilling til kva fordelar dei hadde av å delta, og var opptatt av å formidle dette til dei. Fordelar eg påpeika var at dei kunne lære noko som var nyttig i både fysikk og andre fag, at dei fekk mulegheit til å formidle kva dei syns om fysikk og undervisinga, og at dei bidro til forskning på eit viktig felt. Thomas (2011) viser til at det er mange grunnar til å ikkje ville delta på forskingsprosjekt og at mange kan føle press ved å bli spurt.

Thomas (2011) poengterer også viktigheita av eit godt samtykkeskjema før datainnsamlinga tek til. Ein vesentleg faktor med eit slikt skjema er å gi god informasjon på eit enkelt språk om kva undersøkinga inneber, slik at deltakarane forstår kva dei signerer på. Vidare må det kome fram kva metode som skal nyttast, kva formålet og fordelane er, korleis databehandlinga skal foregå og forsikring om anonymitet blant anna. Ut i frå desse faktorane utarbeidde eg eit samtykkeskjema for Kari og Eva. Eg gjorde det klart at det var valfritt å delta, og prøvde å forklare metoden og hensikter så forståeleg og som muleg (sjå vedlegg 2, Samtykkeskjema).

Dette med samtykke skildrar Kvale (1996) som ein av tre etiske retningslinjer for forskning som omhandlar menneske. Personvern er ei anna, der eg som forskar må kunne forsikre at data ikkje skal kunne sporast tilbake til informantane eller vere identifiserande. Da er det ein føresetnad å endre namn og identifiserande eigenskapar, slik at elevane og skulen blir anonymisert. Eg gjorde det klart at datamaterialet skulle bli sletta og ikkje gis vidare til nokon, samtidig som at oppgåva ville bli anonymisert og offentleg tilgjengeleg på internett. Dei to elevane eg filma ga samtykke til å bli filma, men sidan det var i ein klasseromssituasjon, var det viktig at eg ikkje fekk med nokre av dei andre elevane på film. Ved at observasjonskamera var tilta ned mot pulten til Eva og Kari, løyste dette seg. Resten av klassa var informert om at det kom til å vere kamera på to av elevane og lydopptakar i klasserommet (sjå vedlegg 1, Informasjonsskriv).

Den siste retningslinja som Kvale (1997) omtalar er konsekvensar. Summen av fordelane og oppnådd kunnskap av deltakinga bør veie opp for eventuelle skadelege risikoar (Guidelines, 1992, s. 15 i (Kvale, 1996)). Ideelt sett bør det vere gjensidigheit mellom kva informantane gir og kva dei får att ved å delta. Fordelane formidla eg som nemnt. Eventuelle bakdelar som eg ser det var tidsbruk, - at dei måtte sette av tid i ein travel skulekvardag til å snakke med meg. Desto viktigare var det for meg å gi ei kjensle av at dei lærte noko av prosjektet. I tillegg kunne muligens konsentrasjonen i timen bli svekka da dei visste dei blei filma. Eg fokuserte også på at dei skulle få ei positiv oppleving av prosjektet, spesielt intervjusituasjonen. Dette gjorde eg ved å prøve å vere ein god lyttar, som var observant og tolmodig. Ein annan faktor var å vere forsiktig med spørsmålsformuleringane mine, slik at dei ikkje fekk negative kjensler. Kvale (1996) trekk fram at opplevinga av å bli lytta til kan gjere intervjuet unikt og positivt for deltakarane.

At eg studerte elevane skulle ikkje gi negative konsekvensar for dei verken fagleg eller sosialt. Ved at dei blei filma i undervisninga fekk eg eit vidt innsyn i deira liv, også utanom det faglege. Eg måtte vere bevisst korleis eg forholdt meg til informasjonen eg fekk, og for å gjennomføre prosjektet var eg avhengig av gjensidig tillit. Eg ville ikkje bringe informasjon vidare til faglærer eller andre, som var av ufagleg, irrelevant karakter. Likeins ville eg fokusere på det faglege som var av interesse når eg analyserte datamaterialet. Dette prata eg med elevane om på forhand, og forsikra dei om at eg ikkje ville gå vidare til nokon med informasjonen eg fekk.

3.6 Metode for analyse av data

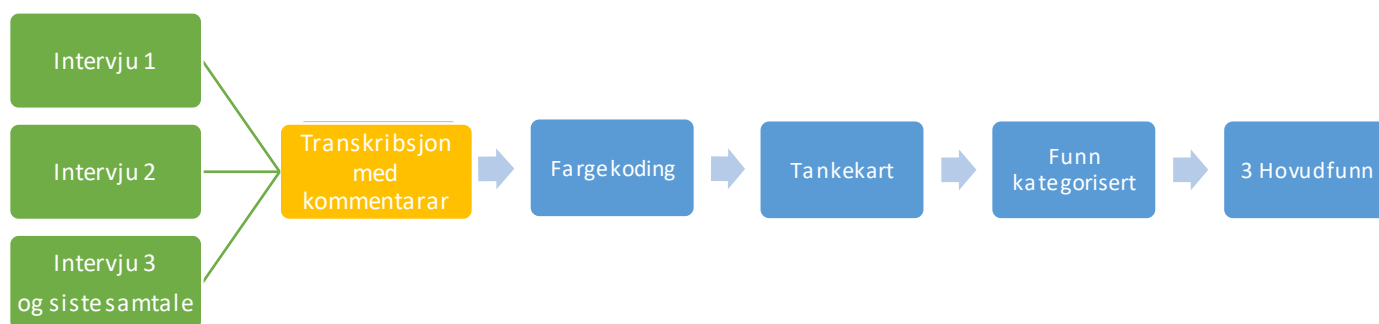
Umiddelbart etter kvart enkelt intervju transkriberte eg materialet som var i form av video- og lydbandopptak. Kress (2010) definerer transkripsjon som ein måte å presentere og skrive ned noko på. Dette ved hjelp av moder, der skrift er ein måte å presentere tale på. Dette var nyttig for meg da det er lite praktisk å analysere data direkte frå lyd-eller filmopptak (Kvale, 1996). Det er viktig å ta i betraktning at transkripsjon ikkje er ein kopi av realiteten, men ein konstruksjon av talen som fungerer som eit nyttig verktøy. Brinkmann et al. (2012) understrekar også at det munnlege og det skriftlege er veldig ulike medier, og at mykje informasjon kan forsvinne ved transkripsjon. Eg forsøkte å transkribere detaljert for å inkludere vesentleg informasjon, ved å skrive ned kroppsspråk, stemmeleie og gestikulasjon som peiking, tilhøyrande det som blei sagt i intervjuet. Dette har eg markert med klammeparentes [] i utdraga i resultat-delen. Der eg har valt å gi ei samanfating av det som blir sagt i utdraga eg presenterer, har eg markert med parentes (). Dette blei gjort der dei konkrete sitata ikkje var av interesse, men eg gjengir kva som blir sagt for å skape kontekst til utdraga.

Kvale (1996) påpeiker at ein ved transkripsjon kan velje å oppsummere sekvensar av lite relevans, eller reprodusere alt som blei sagt. Eg fann det vanskeleg å vurdere kva eg kunne unnlate å transkribere, og transkriberte derfor alt som blei sagt. Sjølv om dette var tidkrevjande arbeid, kunne eg da lettare vurdere det som var relevant for problemstillinga mi i etterkant. Ein må også vurdere om ein skal transkribere ord for ord, eller til ein typisk skriftleg stil (Kvale 1996). Eg valte å gjere små endringar ved å kutte småord og fraser som var meiningslause med tanke på det som blei forsøkt kommunisert. Døme på dette er ordet «da» i slutten av setningar, og «altså, liksom, viss du skjønner kva eg meiner». Andre gong tok eg det med om det var med på å beskrive korleis eleven oppførte seg, som for eksempel ved nøling eller latter. Om elevane nølte og drog litt på det dei sa, markerte eg dette med tre punktum bak sitata deira. Desse småorda og markeringane hadde da ein kommunikativ funksjon eg ønska å dokumentere. Det var vesentleg for meg å kunne lese ut av den transkriberte teksten om dei uttrykte glede, frustrasjon eller usikkerheit.

Medan eg transkriberte, kommenterte eg også umiddelbart det som blei sagt dersom det var vesentleg å merke seg. Dette blei derfor starten på analyseringsprosessen. Da omformulerte eg det elevane sa til ei kort samanfating, for å poengtere kva som eigentleg blei sagt. Dette kallar Kvale og Brinkmann (2015) for *meningskondensering*, og er ein teknikk for å kode

materialet. Her er målet å komprimere eller «koke ned» utsagna frå intervjuet til meiningseinheiter.

For å kome fram til funna som var relevante for problemstillinga mi, markerte eg transkripsjonsteksten og kommentarane mine i fargekodar. Eg skilte mellom det som gjekk igjen, det eg ville vite meir om (før siste intervju), og det som var interessant for problemstillinga mi. Ut frå dette laga eg tankekart der eg prøvde å gruppere informasjonen og dra samanhengar. Dette fungerte som kategorisering av informasjon. Dette opnar opp att meiningskondenseringa til ein viss grad, og opnar for analyse og tolking av intervjusekvensane (Kvale & Brinkmann, 2015). Analyseprosessen blir slik ei veksling mellom å bryte ned og å sette saman ulike funn, og gjer at ein ser materialet på ein ny måte og kan sjå nye samanhengar.



Figur 4: Vegane frå datainnsamling til hovudfunn.

Det eg vurderte som relevante funn, samla eg til slutt i hovudfunn (sjå figur 4). Desse er presentert som responsen elevane ga i intervjuet og inndelt i 4 kategoriar (presentert i 4.2), og kommentarane deira på slutten om perioden overordna (presentert i 4.3). Kvart funn i Resultat-delen blir grunngjeve med utdrag frå dei transkriberte intervjuet. Analysen av desse følgjer rett etter kvart enkelt utdrag. Analysane er ein kombinasjon av empirisk og teoretisk analyse, der eg brukar teoretiske ord frå litteraturen presentert til å tolke det elevane seier. Dette for å gjere samanhengen mellom teori og resultat transparant. I følgje Yin (2007) er dette da ein teoristyrte analysestrategi.

Oppgåva har stor vekt på empiriske data. Den kvalitative tilnærminga gjer det viktig å tydeleggjere korleis eg har kome fram til resultatene. Eg ser det som nødvendig å leggje fram tydelege eksempel på det som skjedde, for å kunne argumentere for og diskutere funna mine.

Derfor er Resultat-delen i denne oppgåva relativt lang. Eg håpar det gir eit klart inntrykk av funna mine og gjer analysane transparente.

3.7 Kvalitetskontroll

Reliabilitet handlar om pålitelegheita av data, og er knytta til korleis data brukast, samlast inn på og bearbeidast (Christoffersen & Johannessen, 2012). Creswell (2014) nemner faktorar som kan avgjere om data ei «*reliable*». Dette er blant anna å dokumentere alle steg i prosedyren ved datainnsamlinga detaljert. Eg har forsøkt å gjere metodisk framgangsmåte transparent i dette kapitelet. Studien kan dermed til ein viss grad reproduserart, noko som også er relevant for reliabiliteten (Kvale & Brinkmann, 2015). Samtidig kan eg som forskar aldri bli heilt objektiv i analysane mine av data. Eg presenterer derfor ein god del utdrag frå intervjua i resultat-delen, og skildrar konteksten dei er henta frå samt kroppsspråk og stemmeleie tilhøyrande sitata. Eg skildrar også kvar case relativt grundig. Dette for å gjere også analysane så transparente som muleg.

Dei sosiale interaksjonane, er også ein vesentleg faktor å ta hensyn til ved intervjusituasjonen (Kvale, 1996; Kvale & Brinkmann, 2015). Relasjonane mellom dei to elevane, og mellom dei og meg, kunne påverke måten eg stiller spørsmål på og svara eg får. Det er ei utfordring ved kvalitative intervju at «intervjueren kan virke inn på informantens svar og forskeren må være oppmerksom på dette, og ikke forsøke å se bort fra det» (Christoffersen & Johannessen, 2012, s. 78). Det kan vere at elevane svarte det dei trudde eg vil høyre, eller at svara var ein konsekvens av ledane spørsmål frå meg (Kvale, 1996). Eg prøvde å ikkje stille ledande spørsmål, spesielt da eg undersøkte kva mine interaksjonar med elevane hadde ført til. Dette var spørsmål dei fekk på slutten av perioden. Samtidig kunne nokre av spørsmåla eg stilte elles vere ledande, om det var noko spesielt eg ville oppnå med det. Døme på dette er da eg ville få dei til å reflektere om det å teikne ein figur kunne vere ein måte å svare på ei oppgåve på, i motsetning til tekst. Creswell (2014) påpeiker at ein må vere klar over korleis tolkingane hos forskaren blir danna, og at ein lett ser etter bevis for å støtte ein antatt teori eller konklusjon. Eg forsøkte å stille spørsmål om det frå observasjonsfilmen som opna for svar som var lite påverka av mi eventuelle tolking av det eg hadde sett.

Det kan også ha vore utfordrande for elevane å sjå seg sjølv på film under intervju, og å la meg kome så tett innpå dei da vi ikkje var godt kjent frå før. At eg var uerfaren intervjuar og

kan også ha påverka data eg fekk frå elevane (Kvale, 1996). Filmkamera på elevane i klasserommet kunne sjølv sagt også påverke elevane til å oppføre seg annleis enn i ein ordinær undervisningssituasjon (Christoffersen & Johannessen, 2012). Likevel trur eg denne påverkinga var mindre enn om eg hadde observert dei ved å sitte ved sidan av dei i klasserommet. Ut i frå elevane sin oppførsel og samtalan deira i observasjonsfilmane, såg det ut til at dei gløymte filmkameraet fort. Eg antar at dei derfor oppførte seg etter forholda naturleg i fysikktimane. Dette støttar reliabiliteten av data.

Validitet er eit viktig aspekt å ta hensyn til når ein skal argumentere for om ein studie er truverdig (Creswell & Miller, 2000). Det handlar om gyldigheita til forskinga, og om ein metode er egna til å undersøkje det han skal (Kvale & Brinkmann, 2015). For å etablere validitet brukar mange triangulering av metodar, der ein gjer seg nytte av ulike kjelder til informasjon (Creswell & Miller, 2000). Å bruke fleire forskningstilnærmingar er valid da forskaren jobbar ut ifrå fleire former for bevis. I feltarbeidet mitt blei observasjonen av elevane i undervisningssituasjonen gjort frå to vinklar. Eg hadde kamera på pulten til elevane, i tillegg til å observere og ta feltnotat frå bak i klasserommet av klassen og læraren sin aktivitet. Dette la grunnlaget for intervjuet, som var ei anna metodisk tilnærming. Eg fekk slik ei brei innsikt i deira læringsprosess, ved at denne blei dokumentert med fleire metodar. Også tidsbruk i felt er ein nøkkelfaktor for validiteten (Creswell, 2014). Eg valte å vere i klasserommet i ei veke før datainnsamlinga starta for å etablere ein relasjon til elevane og forberede meg på feltarbeidet.

4. Resultat

Her vil eg presentere resultatane mine frå dei tre vekene i felt. Å vise utdrag og analyse av desse er ein vesentleg del av resultatane. I avsnitt 4.1 skildrar eg først situasjonen for klassen og elevane før eg starta å påverke dei via intervju. Deretter, i avsnitt 4.2, tek eg for meg kvar av dei tre case`ane i kronologisk rekkefølge. Dette ved å først skildre casen, så vise til og begrunne eg kva eg har gjort i intervjuet, og skildre responsen elevane ga på dette. I avsnitt 4.3 viser eg til slutt responsen elevane ga på slutten av perioden, som inneber kommentarar om perioden og rolla mi i sin heilheit.

4.1 Skildring av startsituasjon

Her vil eg her greie ut korleis situasjonen var for klassen og elevane før eg starta å intervju dei. Grunnlaget for denne skildringa er observasjonane mine frå veka før feltarbeidet starta, samt første veke i felt (observasjonsfilm, feltnotat og intervju frå case 1). Til slutt i dette avsnittet presenterer eg utdrag frå første intervju som støttar opp om skildringane mine.

4.1.1 Undervisinga – læraren og klassen

I undervisinga brukar lærar mange ulike representasjonsformer, som munnleg tale, verbal skrift, matematisk skrift, likningar og visuelle framstillingar som grafar og figuar. Lærar brukar relativt lite verbal skrift. Ho forklarar heller det som står skrive eller teikna (på tavla eller PowerPoint) i stor grad *munleg*. Når det gjeld overgangar mellom dei ulike representasjonane, blir ikkje dette vektlagt av lærar noko særleg. For eksempel teikna lærar ein klassisk flat atommodell (Bohrs atommodell) med 3 «skal», skreiv opp ein formel, og teikna eit energidiagram. Ho snakka rundt desse kvar for seg utan at samhengane mellom dei blei tydeleg poengert. Undervisinga var variert i den forstand at ho inneheldt filmsnuttar, PowerPoint, tavleundervising, oppgåverekning, quiz (kahoot) og forsøk.

Klassen generelt er munnleg aktive. Dei svarer aktivt på læraren sine spørsmål, og fleire stiller også eigne spørsmål høgt for klassen, anten til det lærar eller andre elevar har sagt. Det blir gjerne faglege diskusjonar ved tavleundervisninga, - både mellom elev og lærar, og elevane imellom. Dette er typisk når dei ikkje syns noko er godt nok forklart, og dei er flinke til å sei ifrå når det er noko dei ikkje forstår.

På måndagane har dei 3 timar fysikk, og ofte blir den første brukt til gjennomgang som skildra ovanfor. Ein eller begge av dei siste timane blir gjerne via til oppgåverekning. Her gir lærar lite føringar. Elevane jobbar i eige tempo og stort sett etter eiga engasjement.

4.1.2 Kari og Eva sitt forhold til representasjonsformer

Kari og Eva brukar generelt lite visuelle framstillingar. Når dei tek notat frå undervisinga eller svarar på oppgåver som inneber å «forklare noko», brukar dei berre tekst (observasjonsfilm case 1). Ved rekneoppgåver nyttar dei formlar og matematisk skrift, - ingen eller lite tekst og figurar ved sidan av.

Når det gjeld munnleg aktivitet er Eva stille ved gjennomgang av lærar, medan Kari ikkje er redd for å prate i timen. Ho svarar ofte på spørsmål både frå lærar og andre elevar, og stiller spørsmål til det som blir gjennomgått av lærar. Ut frå observasjonsfilmen høyrte eg lite faglege samtalar dei imellom. Når dei støyter på problem kan dei spørje kvarandre om hjelp, men samtalen er kortvarig og dei diskuterer minimalt. Dei blar heller i boka og leiter etter svar. Etter kvart spør dei gjerne lærar om hjelp.

Observasjonsfilmen frå timen viser at dei diskuterer undervisingsopplegget med kvarandre. Dei er frustrert over oppgåver og figurar dei ikkje forstår, og etterlyser meir gjennomgang av teori og figurar *før* dei skal gjere oppgåver. I det første intervjuet blir det også tydeleg at dei ofte prioriter tekst (sjå Utdrag 1), noko som stadfestar det eg såg på observasjonsfilmen frå første case.

Vidare følgjer no utdrag frå intervju 1 som grunngjer skildringane ovanfor. G står for Guro (meg), og K står for Kari, E for Eva (fiktive namn).

Utdrag 1

At elevane brukar få ulike representasjonsformer, blir i dette utdraget støtta ved at dei sjølv seier dei prioriterer tekst. Her har eg nettopp poengtert at da Eva svarte på ei oppgåve der ho skulle forklare noko, brukte ho berre verbal tekst.

1. G: Er det sånn du pleier å skrive forklaringar? Eller hender det du teiknar i tillegg?
2. E: Eg trur eg pleier å skrive mest tekst... Men viss det er vanskeleg å beskrive det, så teiknar eg i staden for.
3. G: Er det nødvendig med tekst i det heile tatt, eller kunne ein figur i seg sjølv vore ei forklaring?
4. E: Eg tenker at på prøvar og sånt, så pleier eg å skrive med tekst. For eg føler at figurar kan lett misforståast... Og eg er ikkje så flink å teikne da. [Ler.]
5. E: Men eg burde egentleg teikne *og* skrive tekst da. Men så har man alltid dårleg tid på prøvar, så da satsar man på at det held med teksten da.

6. K: Eg føler litt det avhenger av kor godt eg kan stoffet. Om eg kan det så godt at eg kan forklare det berre med ord, og det forstås godt, kan det hende eg berre skriv. Men oftast for meg sjølv i skriveboka pleier eg alltid ha figur, så får eg visualisert det, saman med teksten.

[Eit sitat frå intervju 3 fullfører dette tema, og eg vel å ta det med her:]

7. K: Eg var litt flinkare til å teikne i det første kapitlet [Mekanikk], da vi hadde om fartsformlane, da var det litt greiare. Men eg trur mangelen på å forstå heilt kva som skjer... Vi har nok ikkje gått nok igjennom kva vi faktisk ser av figurane da, så eg har ikkje turt å teikne figurar for eg har vore redd for å teikne det feil...

Dette utdraget viser teikn på både metakognisjon om læring og tankar omkring kombinasjonar av representasjonsformer. Dette tek eg for meg seinare, og fokuserer her på det dei seier om å prioritere tekst. Kari og Eva har litt ulike begrunningar for å bruke tekst, men tekst er noko begge brukar framfor andre representasjonsformer.

Eva brukar oftast tekst i oppgåveløysing når noko skal forklarast (linje 2). Om dette viser seg å vere vanskeleg derimot, kan ho velje å teikne. Dette kan tyde på at tekst blir prioritert som førsteval ved oppgåveløysing i motsetning til å teikne, spesielt om tida er knapp (linje 5). Det kan vere at visuelle framstillingar blir nedprioritert sidan ho er redd dei skal misforståast, som ho seier (linje 4). Utsagnet tyder på at ho er redd ho ikkje får formidla det ho vil godt nok med figur.

Kari seier at det hendar ho brukar berre verbal tekst om ho allereie kan teorien godt (linje 6). Det kan tolkast som at ho brukar figur i tillegg om ho ikkje kan teorien godt, som i skriveboka når ho lærer nye ting i undervisinga (linje 6). Dette kan tyde på at ho syns figurar er nyttige for å lære, men at ho likevel prioriterer tekst når ho skal forklare noko vidare (kanskje ved oppgavesvar) om ho kan det godt. I likheit med Eva er også Kari redd for å teikne feil, noko som fører til at ho brukar lite figurar (linje 7). Ho kan uttrykkje ønske om å forstå kva figuren formidle først, *før* ho tørr å teikne.

Utdraget tyder på at ved forklaringsoppgåver blir hovudsakleg tekst nytta, av og til i kombinasjon med figur. Det verkar ikkje som dei anerkjenner at ein figur i seg sjølv kan vere nok, eller at figurar faktisk kan vere nødvendige i formidling av fenomen eller begrep i fysikk.

Utdrag 2

Dette utdraget viser at elevane ønskar forklaring av nye visuelle representasjonar. Her har vi nettopp prata om at lærar hjalp Eva med ei oppgåve som inneheld ein graf (intensitetsgraf) ho ikkje hadde sett før.

1. E: Eg skjønnte ikkje... kva var denne grafen for noko liksom? [Peiker på intensitetsgrafan på oppgåveark, figur 4]
2. G: Intensitetsgrafan ja. Dei to figurane [absorpsjonsspekter og intensitetsgraf] i oppgåva er ganske avanserte. Og de har vel ikkje hatt om intensitet i seg sjølv, i alle fall ikkje mens eg har vore her. Og samanhengen mellom dei er vanskeleg å forstå. [Begge bekreftar det. Dei har ikkje hatt om intensitet].
3. K: Ja eg var jo sjuk, men kan ikkje hugse vi har gått igjennom den grafen eller korleis den kan ha samanheng med spekteret da. Kunne vore fint å fått forklart.
4. E: Ja den der... kunne fått forklart.
5. K: Når det er ein ny framand figur... Lett å få litt panikk i hodet og tenke herregud, dette har eg ikkje sett før. Virker veldig framand da.

Også dette utdraget viser kommentarar om samanhengar mellom representasjonar og teikn på metakognisjon, noko eg tek for meg seinare.

Eva seier ho ikkje forsto grafen som sto på oppgåvearket, og ønskar at den hadde blitt forklart (linje 1 og 4). Dette kan vere fordi grafen var ny og ukjent, noko Kari poengterer er vanskeleg å forhalde seg til (linje 5). Sitata kan indikere at det er ønskeleg at læraren guidar elevane i å tolke og sjå eigenskapane (*affordances*) ved nye representasjonar. Kari ønskar også at grafen hadde blitt forklart, i tillegg til at *samanhengen* mellom to ulike framstillingar (graf og spekter) hadde blitt forklart (linje 3). Kanskje bør samanhengen mellom ulike representasjonar tydeleggjerast meir av lærar. Elevane ser ut til å syns det er vanskeleg å gjere dette sjølv utan hjelp.

4.2 Mi påverking og respons frå elevane

I løpet av perioden prøvde eg å påverke elevane til å reflektere meir over representasjonsformer i fysikkfaget, med hovudvekt på visuelle framstillingar. Ut frå før-situasjonen såg det ut til at dei brukte berre eit fåtal moder, som hovudsakleg var verbal eller matematisk tekst. Eg ville få dei til å tenkje over korleis også andre representasjonsformer kunne bidra i læringa, og å eventuelt gjere dei meir bevisst potensialet som ligg i desse.

I dette avsnittet tek eg for meg kvar av dei tre case`ane kronologisk. Case 1 representerer første veke i felt, og så vidare. For kvar case skildrar eg først tema, deretter korleis eg innleia temaet i intervjuet og til slutt responsen elevane ga i intervjuet. Dette i form av utdrag og analyse av desse. Responsen dei ga fulgte umiddelbart etter mi innleiing av tema, slik at desse utdraga følgjer tidsmessig rett etter utdraga som viser kva eg har gjort og sagt innleiingsvis. Eg har valt meg ut 4 kategoriar å kode responsen i, da desse er interessante for problemstillinga mi:

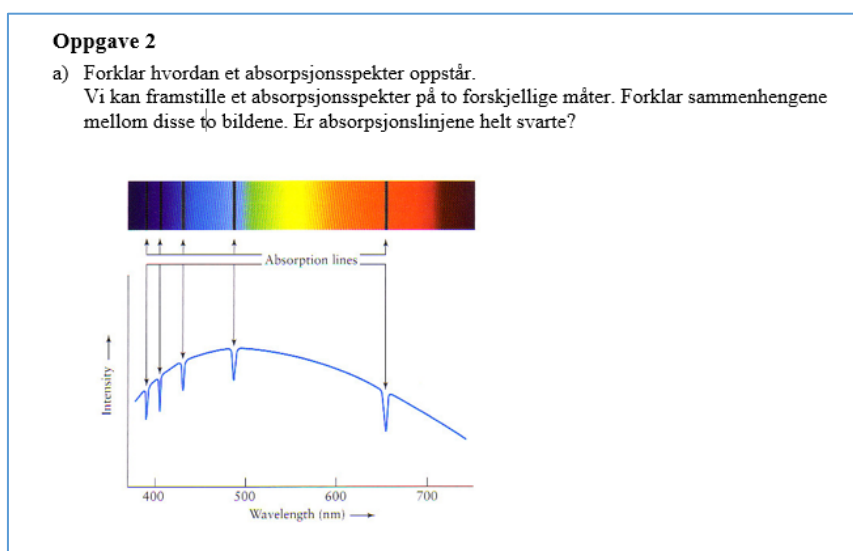
- 1) Munnleg aktivitet i form av egne forklaringar.** I dette legg eg at elevane forsøker å formulere egne beskrivingar av kva representasjonane viser, eller prøver å forklarar eit fysisk begrep eller fenomen. Dette skjedde i stor grad i case 1 og 3.
- 2) Elevane stiller spørsmål.** Desse var grunnleggande for forståinga av kva representasjonane formidla. Spørsmåla var mest framtrødane i case 2.
- 3) Elevane får ei aha-oppleving.** Her meiner eg at dei lærer og forstår noko nytt, som om det går opp eit lys for dei. Dette er ikkje eit fagleg uttrykk, men eg vel å bruke det da det viser til ein emosjonell reaksjon som eg vil få fram. Slike emosjonelle opplevingar var veldig tydeleg i case 1 og 3.
- 4) Respons på representasjonane.** Dette inneber kommentarar frå elevane på representasjonsformene tilhøyrande kvar case. I case 1 var det lite respons, medan elevane kommenterte aktivt i både case 2 og 3.

Eg presenterer eksempel på dei ulike kategoriane i dei case`ane dei var framtrødane. I kvar case startar eg med å gi ei skildring av han, - kva som skjedde i timen, kva representasjonar som blei behandla av lærar og elevar, og sentrale oppgåver elevane jobba med. Dette fordi eg hadde hovudfokus på eit utval representasjonsformer og oppgåver frå fysikktimane i intervjuet. Før kvart utdrag har eg beskrive konteksten for situasjonen utdraget var frå. Dette forklarar samanhengen mellom spørsmål og svar, og viser grunnlaget for resultatane eg har fått (Brinkmann et al., 2012).

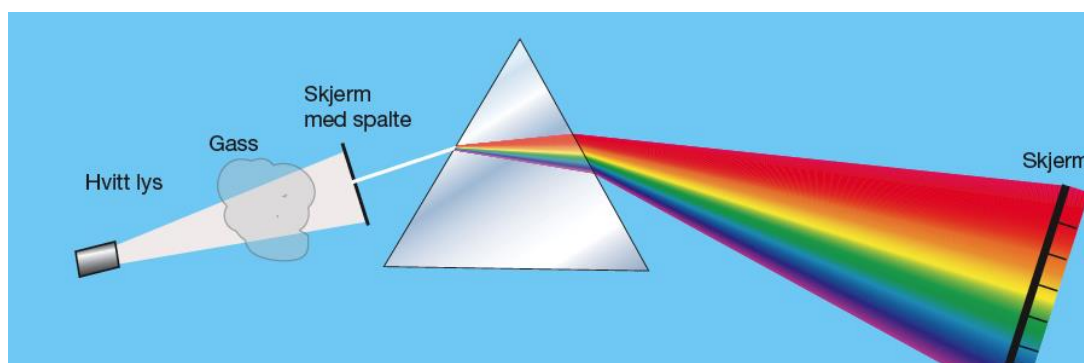
4.2.1 Case 1: Absorpsjonsspekter og intensitetsgraf

Skildring av tema, oppgaver og representasjoner som blir tatt opp

I det første intervjuet snakka vi om korleis elevane hadde jobba med ei oppgåve som sto på eit oppgåveark dei fekk utdelt (sjå figur 5). Denne oppgåva hadde to figurar ved sidan av oppgåveteksten som begge framstilte absorpsjon: eit absorpsjonsspekter og ein intensitetsgraf. Absorpsjonsspekter og emisjonsspekter hadde lærar gjennomgått før dei fekk utdelt oppgåvearket, ved å vise diverse figurar på ein PowerPoint. Ein figur med lommelykt som lyste mot gassky var blitt vist for å forklare absorpsjonsspekter (sjå figur 6). Men intensitetsgrafene i oppgåve 2a var ukjent for dei, og også begrepet intensitet. Oppgåveteksten var «Forklar hvordan et absorpsjonsspekter oppstår. Vi kan framstille et absorpsjonsspekter på to forskjellige måter. Forklar sammenhengene mellom disse to bildene. Er absorpsjonslinjene helt svarte?» (Sjå figur 5).



Figur 5: Oppgåve 2a på oppgåvearket utdelt av lærar. Absorpsjonsspekter og intensitetsgraf hørte til oppgåveteksten.



Figur 6: Figur 6-19 i læreboka som viser absorpsjon av lys. Vist av lærar på PowerPoint i timen. (Callin et al., 2012, s. 189).

Ved oppgåverekninga i timane kjem lærar bort til elevane og spør om temaet som var gjennomgått denne dagen «var greitt». Eva svarer at ho ikkje skjønner figurane i oppgåve 2a. Lærar forklarar absorpsjonsspekteret ved å dra samanhangar til eit emisjonsspekter på same oppgåveark (Eva seier ho forstår emisjonsspekteret). Vidare forklarar lærar kort samanhengen mellom absorpsjonsspekteret og intensitetsgrafen. Ho seier blant anna at sidan nokre foton blir absorbert og tatt opp, blir det hakk i intensitetsgrafen. Forklaringane hennar er gitt ved munnleg tale og peiking på figurane. Ho utdjuper ikkje begrepet intensitet nærmare. Etter dette spør lærar:

Lærar: Ga det mening?

Eva: Ja. [Svarer lett og optimistisk.]

Lærar: Eller...? [Skeptisk.]

Eva: Ja... eg trur det.

Lærar går, og Eva svarar på første delspørsmål, berre med verbal tekst, etter å ha bladd litt i boka. Ho les litt i læreboka om emisjon og absorpsjon, men svarar ikkje på dei andre spørsmåla i oppgåve 2a. Ho går etter kvart vidare til oppgåve 3, og svarar på denne. Kari er ute av klasserommet når lærar pratar med Eva. Når ho kjem tilbake startar ho å ta notat av læreboka i staden for å gjere oppgåver.

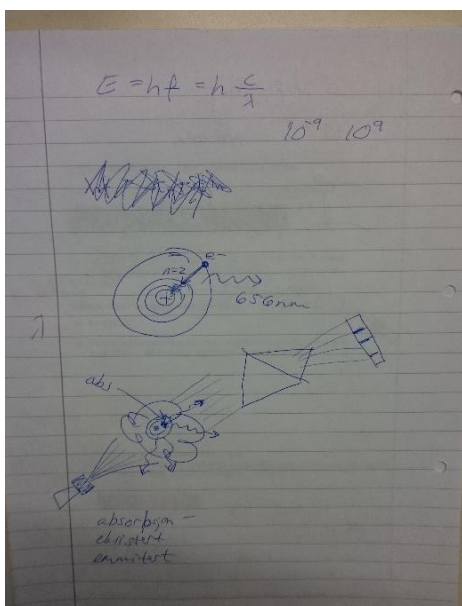
I intervjuet pratar vi om forklaringa som lærar ga, og om kva som var vanskeleg med figurane og oppgåva.

Korleis eg innleia representasjonane og samtalen

I intervjuet viser eg filmsnutt frå timen der Eva spør lærar om hjelp til oppgåve 2a. Elevane seier da at dei ikkje forsto kva intensitetsgrafen var for noko (utdrag 2 i avsnitt 4.1). I det komande utdraget snakkar vi om oppgåve 2a på oppgåvearket. Sidan dei etterlyser meir forklaring av figurane, forsøker eg å forklare desse samt samanhengen mellom dei. Dette ved hjelp av å teikne ein samansatt figur av lommelykt, gassky og absorpsjonsspekter, som lærar viste i timen (sjå figur 6 og 7). Lærar refererte ikkje til denne da ho hjalp Eva i timen. Eg valte å teikne denne og prate om han for eg tenkte at den kunne fungere som verktøy for å forstå samanhengen mellom absorpsjonsspekter og intensitetsgraf. Dette kunne igjen hjelpe til å forstå oppgåveteksten og ikkje minst fenomenet/begrepet absorpsjon. Eg ville dei skulle erfare at visuelle representasjonar kan fungere som hjelpemiddel for å lære teori. Etter kvart som eg teikna forklarte eg nøyaktig kvar del av den samansatte figuren. Eg teikna også Bohrs

atommodell som er kjent for dei frå før (sjå figur 7). Dette fordi dei sa tidlegare i intervjuet at det er nyttig å gå ut ifrå ein kjent figur når noko nytt skal lærast:

Kari: «Ja, vi er godt kjent med den [peiker på Bohrs atommodell i læreboka]. Så det er lettare å få seg eit bilde av det som skjer da, ut ifrå den. For da er det berre det nye ein skal lære som er nytt. Så da putter ein berre ny informasjon inn i noko ein allereie har veldig god kunnskap om.»



Figur 7: Arket eg teikna på under 1. intervju. Nedst ei gjenskaping av figur 5 som lærar viste i timen. Figuren av Bohrs atommodell (midt på arket) var nyttig å ta med for å illustrere korleis elektrona emitterte foton for å forklare absorpsjonsspekteret.

Utdrag 3

1. G: Syns du, Eva, det var ei god forklaring læraren ga?
2. E: Eg skjønnte ikkje... kva var denne grafen for noko liksom? [Peiker på intensitetsgrafan på oppgåvearket.]
(...) [Sitata her er presentert i utdrag 2 i avsnitt 4.1].
3. G: Lærar hadde ein PowerPoint i starten på måndag, eg tenkte å teikne ein av figurane ho viste.
[Eg teiknar lommelykt som lyser mot gassky. Teiknar atom som blir eksitert og emitterer foton i alle retningar inne i gasskya (Bohrs atommodell), prisme og spekter med svarte linjer.]
4. G: Viss vi har ei lommelykt, med lys i alle fargar... mot gassky. Så blir elektron eksitert og hoppar opp i elektronskal fordi gassen absorberer ein del av lyset. (...) Lyset fortsett framover, gjennom prisme, og det som kjem ut blir absorpsjonsspekter fordi det er svarte linjer der atoma har tatt opp lys. Greia er at dette har stor

samanheng med figuren her! [Intensitetsgraf]. For å få forklart kvifor det er svarte striper her, og... [skal til å sei hakk i intensitetsgraf, blir avbrutt av Kari. Sjå utdrag 4].

Eg ville få dei til å tenke over kva som var utfordrande i denne oppgåva (linje 1.) Dette kan ha fungert, da Eva konkretiserer kva representasjon ho ikkje forsto (linje 2) og etterlyser betre forklaring av figurane som oppgåveteksten omhandla (sjå utdrag 1 i avsnitt 4.1). Deretter minner eg dei på ein figur som læraren viste på PowerPoint i timen (linje 3).

I linje 4 forklarar eg at den kjente figuren av Bohrs atommodell kan forbindast med figuren av lommelykta mot gassky. Ei teikna atommodellen inne i gasskya, og viste med gestikulasjon og peiking korleis lyset si retning blei påverka av gassen ved hjelp av denne modellen. Dette tenkte eg kunne gi grunnlag for å forstå dei mørke linjene i absorpsjonsspekteret. Dermed kunne det også bli lettare å forstå intensitetsgrafene og kva «hakka» i grafene tyda. I tillegg til min munnlege tale var det altså fleire figurar som verka saman i forklaringa mi; figuren med av lommelykt mot gassky, Bohr sin atommodell, absorpsjonsspekteret og intensitetsgrafene. Desse tenkte eg kunne vere hjelpemiddel for elevane til å forstå fenomenet absorpsjon.

Respons hos elevane

Kategori 1. Elevane formulerer egne meningsskapande forklaringar.

Etter eg har forklart og teikna i utdrag 3, prøvar elevane seg umiddelbart på egne forklaringar av representasjonane og fenomenet/begrepet absorpsjon.

Utdrag 4

1. K: Ja har ikkje det med energien å gjere... der det er svarte strekar blir det sendt ut energi eller foton...? [Ho peiker på absorpsjonsspekteret og hakka i intensitetsgrafene i oppgåve 2a.]
2. G: Mm nei...
3. E: Nei, er vel absorbert der...?
4. K: Ja unnskyld, tenkte feil, blir absorbert, tar opp. Men hm... [peiker på intensitetsgrafene] det er jo ikkje energi heller...
5. G: Intensitet betyr faktisk antal foton.
6. K: Okei, så den mister litt foton da, eigentleg. [Ser opp på meg for bekrefting].
7. G: Ja, mistar foton!
8. K: Ja, sånn eg har forstått, når eit atom tek opp energi frå omgivelsane vil eit foton bli eksitert. Så den får jo høgare energi på ein måte? Eller, det er energien som påverker

da, slik at fotonet... eksiterer? [Ser på meg for å få bekrefte teoriane sine. Gestikulerer med hand under forklaringa].

9. G: Altså, når gass tek opp energi, i form av lys frå lommelykt for eksempel, blir *elektronet* eksitert. Og så...

10. K: Ja og så fell det tilbake på plass igjen og da sender det ut [foton?].... Og da får du emisjonsspekteret [Kari pratar raskare og gestikulerer].

(...)

11. E: Ok, så fotona som blir sendt igjennom er fargane, og dei som blir sendt ut i andre retningar er dei svarte strekane [i absorpsjonsspekteret]? [Eva peiker på oppgavearket og teikninga mi, pratar raskt og høgt. Eg bekreftar.]

Etter eg har forklart og teikna i utdrag 3, blir eg avbrutt av Kari som prøvar å dra samanhengar mellom absorpsjonsspekteret og intensitetsgrafan (linje 1). Det kan tyde på at ho er i gang med å tolke desse. Kari kan her forsøke å skape meining av illustrasjonane.

I linje 4 blir ho merksam på skilnaden mellom si eiga oppfatning av at *energi* blir absorbert, og at grafan viser *intensitet*. Ho nøler og peiker på intensitetsgrafan, og det kan tyde på at det er først no ho tenkjer over kva intensitet faktisk er, og kva intensitetsgrafan formidlar. Etter eg fortel kva intensitet er (linje 5), forsøker ho å kople saman begrepa energi og foton ved at «dette blir mista» (linje 6).

Ho prøvar seg også på eiga forklaring i linje 8, som er upresis eller fagleg feil, men når eg gir ei kort forklaring på kva som skjer i linje 9, formulerer ho seg riktig i linje 10. Desse tre linjene kan indikere at det var nødvendig at ho blei klar over kva som var problemet og prøvde seg på eigne forklaringar først, - før ho fekk informasjon om kva som var riktig. I linje 10 koplar Kari også inn emisjonsspekter, som også var vist som figur i ei anna oppgave på oppgavearket. Det kan vise at ho ser samanhangen mellom absorpsjon og emisjon, men at ho kanskje enda ikkje forstår samanhangen mellom absorpsjonsspekteret og intensitetsgrafan. Kari forklarar ivrig på slutten. Det tar tid før Eva kjem med ei eiga formulering, men da pratar ho også engasjert og ivrig (linje 11). Talemåten kan tyde på at elevane føler dei nærmar seg ei forståing ved å prøve ut eigne forklaringar. Forsøka deira på forklaringar var først nølande og usikre, men gjekk over til å bli påstandar dei ville ha bekrefte av meg etter kvart. Denne endringa kan tyde på at dei syns dei forsto meir og meir.

Kategori 3. Aha-oppleving

Vidare i samtalen kan vi lese at elevane får ei aha-oppleving som tyder på at dei forstår samanhengen mellom absorpsjonsspekteret og intensitetsgrafan. I komande utdrag er det hovudsakleg *eg* som pratar og er aktiv med teikningar og gestikulering. Men utdraget følgjer direkte etter førre utdrag tidsmessig, og skjedde ei stund etter innleiinga mi. Derfor viser eg også alle mine sitat her, da det tydeleggjer kva som blei gjort og sagt rett før Kari og Eva uttrykte ei aha-oppleving.

Utdrag 5

1. G: Ja, da får vi foton som går ut. Og akkurat det her [eg ringar rundt Bohrs atommodell som sender ut foton i gassen] er ein del av løysinga for å forstå intensitetsgrafan. Fordi, poenget er at lyset frå lommelykta går i èi retning [eg peiker med ein penn, og drar pennen frå lykta og gjennom gassen i ei bestemt retning, på skrå mot prismet]. Det blir tatt opp energi av atoma i gassen, men også sendt ut!
2. K: Ja.
3. G: Og dette går jo så fort, at elektronet hoppar opp og ned og sender ut foton [eg gestikulerer med hendene]. Så kvifor vil ikkje det fotonet som blir sendt ut fortsette og bli med lyset bort hit [drar pennen i same retning som lyset frå lommelykta går.] Og slik fortsette å gi farge, ikkje svart linje [i absorpsjonsspekteret]? [Elevane ser på arket og på meg. Det såg ikkje ut til at dei kom til å sei noko.]
4. G: Jo, fordi fotonet som blir emittert kan jo gå ut i alle retningar! [Begge ser på arket, Kari bekreftar stilt «mhm». Eg teiknar mange retningar på arket som fotonet kan emittere i].
5. G: Derfor blir det mørke linjer her i absorpsjonsspekteret. Men, dei er ikkje heilt svarte, for det er nokre få foton som emitterast i same retning [eg teiknar på arket]. [Kari smiler, snur seg og finn fram skriveboka si].
6. K: Åh, får eg lov å berre skrive det ned? [Eva ler.] Jo for no skjønnte eg det! Ja for det var litt betre forklart sånn! [Kari ser på arket, latter].
(...)
7. G: Så dei to figurane er to sider av same sak, som de [Eva og lærar] snakka om i timen. Viss vi ser på berre absorpsjonsspekteret, så er dei svarte linjene der gassen har absorbert lys og emittert foton i alle retningar [Kari nikkar ivrig og gestikulerer med armane]. Intensitetsgrafan viser hakk på akkurat same plass der det er svarte linjer, fordi der det er hakk er det mindre antal foton.

8. E: Åh, det gir jo mening! [Smiler, høgt stemmevolum.]
9. K: Åh, det var så mykje lettare å skjønne det! Herregud... At vi ikkje har sett det før! [Begge elevane ler].

Eg forklarar munnleg ut frå teikninga mi kvifor absorpsjonsspekteret og intensitetsgrafen ser ut som dei gjer, ved hjelp av Bohrs atommodell. Eg gjer figuren og grafen eksplisitte. I tillegg forbind eg også desse representasjonane med kvarandre. Eg forklarar samanhengen mellom dei og kombinerer dei for å forklare fenomenet eller begrepet absorpsjon. Fleire representasjonsformer inngjekk i forklaringa mi; nye visuelle representasjonsformer som figur av spekter og graf, ein figur dei kjente frå før, munnleg tale og gestikulasjon. Samtidig som eg pratar viser eg til teikninga mi ved å peike og illustrere bevegelse med pennen (linje 1, 3 og 4). Dette kan ha tydeleggjort det at lys kan emitterast i alle retningar, uavhengig av kva retning lyset frå lyskjelda har.

Etter å ha prata, gestikulert og teikna seier Kari at ho skjønnte det og vil skrive det ned (linje 6). Ho smiler og ler, og det kan sjå ut som ho har lært noko nytt som ho er begeistra over. Etter eg har poengtert samanhengen mellom spekteret og grafen (linje 7), utbryter Eva at det gir *mening*, og Kari at det var lettare å skjønne no (linje 8 og 9). Her kan dei meine at det var figurane som var lettare å forstå no. Eventuelt kan dei meine at sjølve fenomenet eller begrepet absorpsjon blei gjennomsiiktig for dei og ga fagleg mening.

4.2.2 Case 2: Kjernekraft og avstandsformel F_e

Skildring av tema, oppgåver og representasjonar som blir tatt opp i timane

I fysikktimane starta klassen på eit kapittel om kjernefysikk. Lærar viste først ein introduksjonsfilm til temaet. Deretter snakka ho munnleg om gravitasjonskraft og elektrisk kraft i atomkjernen, og introduserte kjernekrafta etter dette. Ho viste ein graf på PowerPoint som viste nøytrontalet som funksjon av protontalet, og understreka at det er fleire nøytron i kjernen jo tyngre grunnstoff.

Elevane stilte spørsmål ved det, og lærar skreiv opp formel $F_e = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r \cdot r}$

for å forklare dette:

Lærar: Den elektriske krafta som verker imellom to proton er fråstøytande. Men ser de korleis den krafta blir mindre med avstand? r er avstanden mellom sentruma av to proton. Ser de at

den [krafta] avtar med $1/r^2$? Det vil sei at den krafta minkar ganske mykje med å auke avstanden mellom dei to protona.

Kari: Står det q gange q?

Lærer: Ja. q er ladning til protonet, de kan slå opp kva den er...

(...)

Lærer: Kjernen vil ha mange nøytron imellom der [protona] for å auke avstanden. Når vi aukar avstanden, så avtar den elektriske krafta [fråstøytingskrafta].

Lærer teiknar opp kuler som illustrerer nøytron (kvite) som blir lagt mellom proton (raude):



Ho teiknar også opp to proton med ein avstand r imellom: $p^+ \text{ --- } r \text{ --- } p^+$

Læraren forklarar munnleg rundt formel og figurar, men brukar ikkje mykje tid på *samanhengen* mellom dei. Ho påpeiker derimot at formelen kan hjelpe for å forstå kjernekraft, men at han ikkje er pensum før neste år. Læraren spesifiserer ikkje *kva for krefter* som verker og *kva* dei verker imellom etter å ha nemnt det ein gong i starten (sjå sitata over). Elevane stiller spørsmål om avstand og krefter under tavleundervisninga og forsøker å forklare kvarandre, med innspel frå lærar. Fleire uttrykte at temaet var vanskeleg.

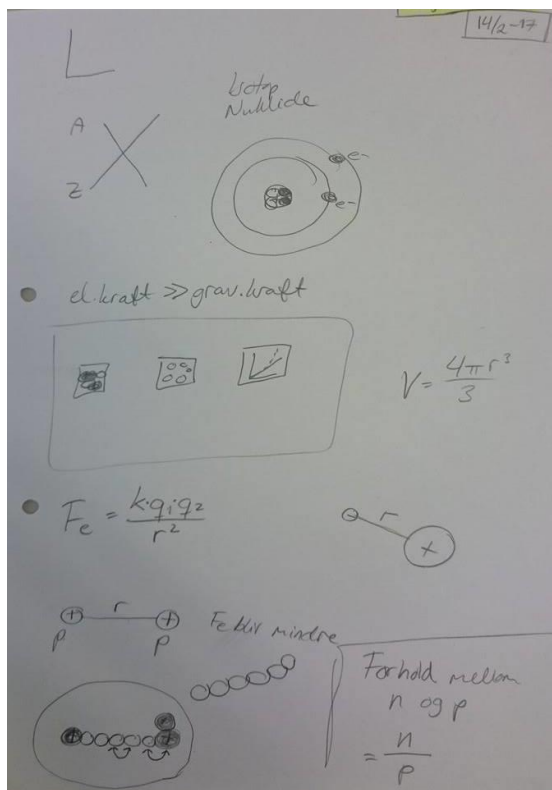
Intervjuet bekreftar at elevane syns formelen og figurane var vanskelege. Formelen var vanskeleg blant anna sidan dei ikkje forsto faktorane (lærer nemnte berre raskt munnleg kva r og q var). Her er to sitat som stadfestar dette:

K: «Men lærar skreiv ikkje opp kva dei ulike variablane sto for, så det blei vanskeleg... Eg brukte tid på å forstå kva det var, at r var avstanden... Synes eigentleg formelen berre gjorde det meir forvirrande.»

E: «Dei figurane der [som lærar teikna på tavla, sjå over] skjønnte eg ikkje noko av. Eg berre «spacea ut». Skjønnte ikkje dei figurane som lærar teikna...»

Korleis eg innleia representasjonane og samtalen

Eg innleia temaet ved å vise ein filmsnutt frå timen der lærar viser ein graf med nøytrontal som funksjon av protontal. Det snakkast om at tunge kjernar har fleire nøytron enn proton. Eg får bekrefte antakelsane mine frå undervisings situasjonen om at elevane ikkje hadde lett for å kople formelen med figurane som lærar teikna. Eg skriv opp formelen og teiknar desse figurane (OOOOO og p----r----p) for eg tenkjer at dette kan forklare avstanden r i formelen (sjå figur 8). Eg stiller spørsmål ved representasjonane.



Figur 8: Ark med figurar, matematisk og verbal tekst som eg skreiv under 2.intervju.

Utdrag 6

1. G: Vi vil ha større avstand r mellom protona for at den elektriske fråstøytungskrafta F_e skal bli mindre. Men korleis skal vi få til ein slik avstand? [Peiker på r i formelen som eg teiknar på arket, sjå figur 7]. Blei det klart?

(Kari seier ho «forsto det betre» ut ifrå forklaringa i introduksjonsfilmen saman med noko av det lærar sa, og viser til si eiga forklaring ho hadde skrive ned i skriveboka, som var riktig. Eva seier at ho ikkje forsto figurane.)

2. K: Det er berre det at om du har to proton som ikkje ligg inntil kvarandre, så vil ikkje den sterke kjernekrafta fungere [Kari forsøker å forklare for Eva]. Og den elektriske

krafta som skyv dei frå kvarandre er for stor da. Så for å motverke den elektriske krafta, så legges...

3. E: Kan man legge nøytroner foran?
4. K: Ja man legger nøytroner imellom, så vil dei lime seg til kvarandre i stedet. Og så blir det større avstand (...). [Kari gestikulerer ivrig. Eva nikkar].

[Eg teiknar to svarte kuler for proton, og teiknar kuler imellom som representerer nøytron. Sjå figur 7.]

(Eg forklarar at vi fyller på med nøytron imellom protona så avstanden r blir større, og da blir fråstøytungskrafta F_e mindre. Eg poengterer at det er nøytron vi fyller på, da protona må jo ha noko å lime seg til slik at det ikkje blir tomrom imellom, og nøytrona er nøytrale.)

5. 5:E: Mhm, åja.

Eg skreiv opp formelen, noko som blir etterfulgt av at Kari påstår ho har forstått det. Eva derimot seier ho ikkje forstår, og Kari forklarar for Eva (linje 2 og 4). Eg støttar forklaringa til Kari, ved å teikne figurane som lærar teikna på tavla. Eg forklarar munnleg samanhengen mellom formelen og figuren (som består av kuler for proton og nøytron). Eva bekreftar det Kari og eg seier (linje 5), og det verkar som om det var ny informasjon for ho. Det kan tyde på at ho no forsto noko nytt. Men det er ikkje tydeleg begeistring og aha-oppleving som ved dei andre to intervju. Det er godt muleg ho enda ikkje føler ho forstår, noko neste utdrag tyder på.

Respons hos elevane

Kategori 2. Elevane stiller spørsmål

Komande utdrag følgjer direkte etter det over. Eva startar umiddelbart å stille spørsmål etter Kari og eg har snakka om figurane.

Utdrag 7

1. E: men er dette [teikninga av kuler og avstanden r] i kjernen på èitt atom, eller er det to forskjellige atom?
2. G: I kjernen på 1 atom.
3. K: Det er to proton inni ein kjerne.

[Eg les frå boka at kjernekrafta er like stor mellom to proton som mellom to nøytron eller eitt nøytron og eitt proton.]

4. E: Er det krafta [kjernekrafta] som held dei saman, eller som fråstøyter kvarandre?
5. G: Held dei saman. Det er den lim-krafta som lærar snakka om.

Eva stiller spørsmål i linje 1 og 4. Det ho spør om er heilt grunnleggande for å kunne forstå innhaldet i representasjonane og begrepet kjernekraft. Det er muleg at figurane eg teikna utløyste spørsmåla Eva stilte. Å sjå det visuelt kan ha gjort det lettare for Eva å sette ord på kva ho ikkje forsto når det gjaldt nøytron og proton i kjernen.

Spørsmåla kan tolkast som at Eva har vanskeleg for å skilje mellom kva *krefter* det er snakk om, og mellom *kva* (proton, nøytron). Dette bekreftar inntrykket eg fekk i fysikktimane om kva fleire i klassen tykte var vanskeleg. Figurane hadde potensial til å hjelpe å forstå dette, men det er ikkje sikkert det hjalp for Eva.

Kategori 4. Respons på representasjonane

Dette utdraget følgjer nokre sekund etter utdraget over. Vi snakkar om kva som var vanskeleg med figurane som lærar teikna.

Utdrag 8

1. E: Da eg såg på tavla var det berre rader og rader av dei her [figur som viser kuler av nøytron mellom proton OOOOOO]. Eg visste ikkje kva det betydde, blei litt frustrert liksom.
2. K: Lærar kunne kanskje brukt to ulike metodar å forklare på. Trur kanskje mange trudde at lærar starta på noko nytt...
(...)
3. G: Okei, så vi har kome fram til at figurane [peiker på ark på p---r---p og OOOOOO] ikkje var så lette å forstå, og formelen gjorde det heile litt meir forvirrande.
4. K: Eg syns dei [peiker på figurane på ark] var lettare å forstå enn formelen da.
5. E: Eg trur kanskje vi brukte ganske lang tid på formelen, og at det var litt unødvendig.
6. K: Ja, når den ikkje var relevant i pensum...
7. E: Viss formelen hadde forklart litt meir hadde den vore bra, men når ho også måtte forklare formelen så tar det litt lang tid og...

Eva tykte det var komplisert å forstå figurane som lærar teikna på tavla (linje 1). Kari seier at ein kunne tru figurane høyrde til eit nytt tema (linje 2). Begge desse utsagna kan indikere

ønske om meir forklaring frå læraren si side på kva ein skal kunne tolke ut frå dei visuelle representasjonane. Kanskje må meininga figurane tilbyr bli tydeleggjort.

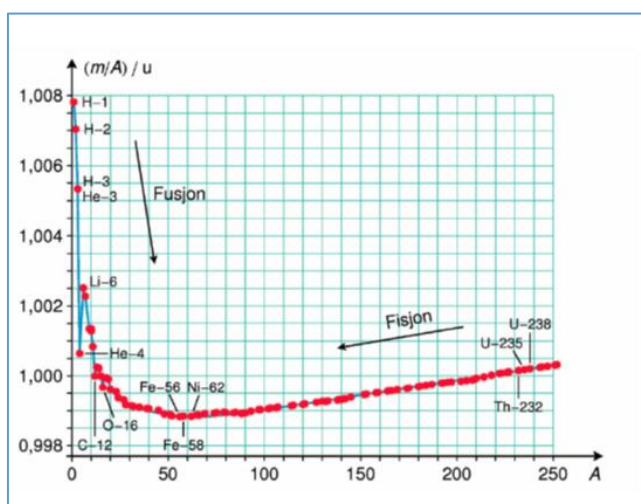
Kari foreslår å bruke to ulike måtar å forklare noko på (linje 2). Det kan vere at det er nettopp dette lærar prøvar på, ved å vise både graf, formel og figurar for å forklare forholdet mellom nøytron og proton. Ei tolking av linje 2 kan vere at Kari ikkje ser på dei ulike representasjonane som ulike måtar å formidle eit begrep på, - som ulike innfallsvinlar eller «briller» til eit fenomen.

Vidare seier Kari at figurane var lettare å forstå enn formelen (linje 4). Dette kan vere fordi faktorane i formelen ikkje blei forklart godt nok i timen eller at ho syns formlar er vanskelege (ho nevner i eit par av intervjua at ho ikkje syns ho er flink i matte). Eller det kan vere at ho syns det er lettare å forstå visuelle framstillingar enn formlar. At dei blei introdusert for ein formel utanfor pensum opplevast som unødvendig (linje 5-7). Formelen som skulle gjere begrepet lettare å forstå i kombinasjon med figurane, var vanskeleg og unødvendig ifølgje dei.

4.2.3 Case 3: Massegraf 7-7 i læreboka.

Schildring av tema, oppgåver og representasjonar som blir tatt opp

Det var berre Kari som deltok på 3.intervju. Vi prata hovudsakleg om graf 7-7 i læreboka, ved at eg tok utgangspunkt i oppgåvene dei gjorde i timen som var knytta til denne grafen (sjå figur 9 og 10).



Figur 9: Graf 7-7 i læreboka ERGO.

"Gjennomsnittlig masse per nukleon som funksjon av nukleontallet" (Callin et al., 2012, s. 207).

7.18

- Lag en skisse som viser hvordan masse per nukleon varierer med nukleontallet for atomene.
- Bruk skissen til å forklare hvorfor det blir frigjort energi når lette atomkjerner fusjonerer og når tyngre atomkjerner fisjonerer.
- Hvordan måtte skissen i oppgave a ha sett ut dersom ingen kjernereaksjoner skulle kunne frigjøre energi?

7.19 Anta at vi har 20 protoner og 20 nøytroner. Frigjør vi mest energi når vi «bygger» én kjerne, ${}_{20}^{40}\text{Ca}$, eller når vi bygger to kjerner, hver med halvparten så mange nukleoner?

Figur 10: Oppgåver som elevane prøvde seg på i timen, og som vi går igjennom i intervjuet. (Callin, et al., 2012, s. 219)

I fysikktimane tek klassen for seg siste del av kap. 7 Kjernekraft, der siste tema er fisjon og fusjon. Lærar tek utgangspunkt i graf 7-7 (sjå figur 9) som ho viser på ein PowerPoint-slide. Lærar skriv på tavla for å forklare grafen som omhandlar masse i atomkjernen. Først blir vekta av ein He-kjerne skriva opp. Så reknar ho ut kva massen av to proton og to nøytron veg til saman. Lærar reknar ut delta m mellom dei to massane for kjernen, og poengterer forskjellen. Vidare seier ho at kjernen veg mindre enn det han består av. Fleire elevar stiller spørsmål ved denne påstanden, foreslår løysingar og forsøker å forklare kvarandre.

Lærar forsøker å svare på spørsmåla frå klassen ut ifrå massegraf 7-7: Ho forklarar aksane og teiknar ei skisse av grafen på tavla. Deretter snakkar ho munnleg rundt grafen, og skriv også opp formel $\Delta E = \Delta mc^2$ som dei har jobba med før. Ho poengterer at forskjellen i masse er gått over til energi. Lærar forklarar vidare munnleg ved å bruke begrep som frigjering av energi, fusjon, fisjon og tilføring av energi ved supernova. Det verkar som det blir forvirring i klassen. Mange stiller spørsmål høgt til lærar og til det andre elevar seier, og uttrykkjer frustrasjon. Det blir blant anna spurt om kva graf 7-7 skal vise. I timen teiknar Eva og Kari skissa av grafen i bøkene sine, og skriv tekst ved sidan av etter kvart som lærar forklarar munnleg og svarar på spørsmål frå klassen.

Etter pausen blir elevane satt til å rekne oppgåve 7.18 og 7.19 (sjå figur 10). Desse tek utgangspunkt i graf 7-7. Dei spør lærar om oppgåve 7.18 c; «Hvordan måtte skissen i oppgåve a ha sett ut [skisse av massegraf 7-7] dersom ingen kjernereaksjoner skulle kunne frigjøre energi?». Kari svarer riktig, - grafen ville sett ut som ei rett linje om det ikkje var blitt frigjort energi. Lærar tek fort over forklaringa, og i intervjuet blir det klart at Kari likevel ikkje hadde forstått grafen.

Deretter går elevane over til oppgåve 7.19: «Anta at vi har 20 protoner og 20 nøytroner. Frigjør vi mest energi når vi «bygger» èn kjerne, ${}_{20}\text{Ca}^{40}$, eller når vi bygger to kjerner, hver med halvparten så mange nukleoner?» Dei prøver å løyse ho ved rekning etter rettleiing frå lærar. Ho er innom dei og hjelp dei vidare med rekninga fleire gonger iløpet av timen. Elevane brukte mesteparten av ein skuletime på å rekne på denne oppgåva, men ho kunne kanskje heller blitt løyst ved å forklare ut i frå graf 7-7.

I dette intervjuet var det berre Kari som deltok. Vi pratar hovudsakleg om massegraf 7-7 og oppgåvene elevane prøvde å løyse i timane.

Korleis eg innleia representasjonane og samtalen

I dette utdraget stiller eg spørsmål for å finne ut om Kari egentleg hadde forstått massegraf 7-7. Eg har nettopp vist ein filmsnutt som viser at elevane pratar med lærar om oppg. 7.18 c, der Kari svarer riktig. Her har eg påpeika at ho svarte rett i timen, og startar denne intervjusekvensen med å spørje ho om kva aksane viser. Gjennom samtalen teiknar eg også ulike representasjonar på ark (sjå figur 11).



Figur 11: Ark med representasjonar som eg teikna og skreiv under 3. intervju.

Utdrag 9

1. G: Graf 7-7 viser masse per nukleon. Men det er ein ganske avansert graf. Kva betyr for eksempel aksane? Kva betyr m/A ...
2. K: Det er jo det... atommasse-enhetstallet da.
3. G: Ja, eller, sidan vi tar masse delt på antal nukleon, så blir det masse per proton og nøytron.
4. K: Ja. Så jo flere nukleoner du har... så får du vekta av... nukleonene da? [Nøler, ser usikker ut]
[Eg teiknar 8 kuler som representerer nukleona i ein kjerne (sjå øvst på figur 10)]
5. G: Så viss vi har ein kva som helst kjerne, med eit visst antal nukleon, som jo er både nøytron og proton... [eg fargelegg nokre kuler for å skilje mellom proton og nøytron]. Og så er total masse eit eller anna [skriv m]. Og her vart det 8 nukleon, så da blir det masse m delt på 8. [Eg skriv $m/A = m/8$]. Da finn vi masse per slik kule, anten om det er nøytron eller proton. [Kari ser på det eg teiknar og nikkar.]

Ved å spørje om aksane i linje 1, ville eg sette i gang refleksjonar hos eleven om kva grafen faktisk viser. Konsekvensen av dette er at ho prøvar seg på eigne forklaringar i linje 2 og 4 (dette tek eg for meg i kat. 1). Ho nøler når ho snakkar, og det ser ut som ho prøvar ut forståinga si. Da det blir klart for meg at ho ikkje har forstått grafen fullt ut likevel, teiknar eg figuren av ein vilkårleg kjerne. Det er rimeleg å anta at dette er ei framstilling ho kjenner til frå før, blant anna fordi ho har kjemi, og han blei også vist på PowerPoint i timen. Deretter forklarar eg ut ifrå denne korleis ein kjem fram til beskrivinga på y-aksen på graf 7-7 (linje 5).

Eg brukar eit konkret eksempel på 8 nukleon til å kome fram til kva m/A på y-aksen betyr. Her forsøker eg altså å gjere grafen eksplisitt, ved å starte med noko heilt grunnleggande som aksane. Å forstå aksane kan vere ein føresetnad for å forstå entitetene (entities) som representasjonen graf 7-7 består av, som for eksempel variablane.

Respons hos elevane

Kategori 1. Elevane formulerer eigne meningsskapande forklaringar

Etter eg har teikna og forklart y-aksen på massegraf 7-7 forsøker Kari å forklare kva grafen kan vise.

Utdrag 10

1. K: Så vidt eg har skjönt, så har du antal nukleon bortover her [peiker på x-aksen på grafen som viser A - nukleonta]. Så jo fleire nukleon du har... Så ser vi at jern er i bunnpunktet, og da vil massen vere lavest her? [Kari ser opp på meg for bekrefting.]
2. G: Mhm, per nukleon.
3. K: Per nukleon ja. Og etter kvart som A blir høgare, får dei høgare masse per nukleon. Så det er eigentleg berre det den seier, kor mykje nukleona veg når det blir fleire nukleon? [Kari ser opp på meg og peiker på graf.]
4. G: Ja. (Eg bekreftar og utfyller forklaringa hennar medan eg viser til grafen.) Men massen per nukleon går opp på begge sider av botnpunktet, det er jo litt rart... Både her, jo fleire A [peiker til høgre for botnpunktet], og her jo færre A [peiker til venstre].
5. K: Så grafen fortel oss eigentleg kor mykje eit nukleon veg avhengig av kor mange nukleon vi har da. [Ser på meg for stadfesting.]
6. G: Ja, akkurat. For det viser seg at, om vi tek helium for eksempel, så veg He-kjernen faktisk mindre enn det han består av. Det er jo det som er ganske rart her.

7. K: Ja, for massen delt på... Du får færre nukleon å dele på. Så same masse delt på færre nukleon. Viss det gir meining. For nukleona har «nesten same masse» eigentleg, men så blir det delt på færre nukleoner her... Ga det meining?
(...) [Eg teiknar He-kjerne, med to blå og to kvite kuler.]
8. G: Så, det denne grafen seier, er at atomkjernen veg ikkje det same som det vi ville fått om vi hadde lagt saman det den består av.
9. K: Nei ikkje sant, for det er ikkje liksom proton + proton + nøytron + nukleon (+...).

Kari forsøker sjølv å gjere grafen eksplisitt og finne meininga med han i linje 1. Dette ved å ta for seg nokre av entitetene; kva x-aksen viser og deretter kva botnpunktet på den grafiske linja viser. Vidare prøvar ho seg på ei tentativ forklaring på korleis linja varierer med variabel A (linje 3). Etter mi stadfesting (linje 4) kjem ho med ein meir teoretisk og kortfatta teori om kva grafen viser, og det kan verke som det er ei reformulering av linje 3. I linje 5 stiller ho ikkje spørsmål, men prøver å slå fast kva grafen viser.

Samtidig ser ho på meg for å få stadfesting, i likheit med linje 1, 3 og 7. I linje 9 derimot støttar ho det eg nettopp har sagt i linje 8, ved å konkretisere det eg sa. Dette kan vise at ho er på veg mot å oppnå forståing og er einig i det eg sa. Teikninga mi av He-kjernen som fire kuler kan ha fungert som hjelpemiddel til dette, i kombinasjon med grafen. Ut ifrå det ho seier i utdraget verkar det som dette er ny lærdom for ho.

Kategori 3. Aha-oppleving

Dette utdraget følger direkte etter det over. Kari uttrykkjer at ho forstår grafen.

Utdrag 11

1. G: Nei, akkurat! Så viss vi hadde lagt saman for He-kjernen, der det er 2 proton og 2 nøytron... [Skriv $2p + 2n$ under He-kjerne-figur på arket og ringar rundt denne figuren.]
2. K: Åh, og det er sånn ein måler kor mykje energi som går ut!
3. G: Ja!
4. K: Så man måler teoretisk kor mykje den [atomkjernen] skulle veid. Og så har man ein graf som måler kor mykje den faktisk veier!
5. G: Mhm.
6. K: Og forskjellen mellom dei er likt energien som blir sleppt ut i form av masse? [Kari ser opp på meg, som bekreftar.]

7. K: Jaaah! [Seiersrop, armane opp i vèret, latter.]

Yes, akkurat, no skjønnte eg det! [Smil og latter.] Kan eg låne ein penn og skrive ned kjapt? Tusen takk. Å, det var så greitt.

Eg bekreftar påstanden til Kari frå forrige utdrag, og skriv opp kva He-kjernen består av og ringar rundt figuren av He-kjernen (linje 1). Deretter, i linje 2, uttrykkjer Kari at ho forstår noko nytt, kanskje korleis massen heng saman med energibegrepet. Det verkar som ho slår fast dette, utan spørsmålsstilling eller nøling. Vidare gir eg berre korte bekreftingar (linje 3 og 5), medan Kari fortsett å slå fast fakta som ho tydeligvis nyleg har innsett (linje 4 og 6). I linje 4 begrunnar ho kvifor det blir ein masseforskjell. Kari har no kome fram til ein måte å forstå grafen på som er nokså teknisk. Forståinga ser ut til å vere på eit enda djupare plan her enn i førre utdrag. Etter eg bekreftar det ho seier, relaterer ho denne masseforskjellen til energi (linje 6). Dette viser at ho no har forstått grafen betre og dermed samanhengen mellom begrepa masse og energi relatert til atomkjerner. Det emosjonelle utbruddet i linje 7 støttar opp om min påstand her. Språket er fagleg upresist i linje 6, da det er masse som forsvinn i form av energi og ikkje omvendt, men det er tydeleg at teorien er blitt meir «gjennomsiktig» for Kari likevel.

Ulike representasjonar verka saman til at Kari oppnådde denne forståinga. Massegraf 7-7, matematisk skrift, figur av He-kjerne og munnleg tale bidro alle i denne prosessen. Både Kari og eg bidro munnleg, men etter kvart som Kari fekk meir bastande utsagn og var på rett veg mot å oppnå forståing, kom eg berre med støtte og stadfestingar på det ho sa.

Kategori 4. Respons på representasjonane

Etter utdraget over får Kari også auka forståing for korleis formel $E = mc^2$ forbindast med massegraf 7-7. Dette ved at eg forklarar med rekneeksempel og at ho også prøvar ut eigne forklaringar (eg vel å ikkje vise dette med utdrag.) I komande utdrag ønskar eg å vite kva som leda fram til den nye innsikta, og Kari kommenterer dei aktuelle representasjonane.

Utdrag 12

1. G: Kva gjorde det lettare å kople graf 7-7 med formel no?
2. K: Eg trur det var eigentleg først og fremst å forstå kvifor vi har grafen, altså kva får vi ut av dette her... å måle vekta per nukleon, avhengig av nukleontalet. Da skjønnte eg at det har noko med.. Nesten som i kjemi der vi har teoretisk og eksperimentelt utbytte. Teoretisk utbytte er mengda mol av eit stoff vi eigentleg skulle fått, mens eksperimentelt inneber feilkjelder, eller om det slepp ut eller reagerer med noko anna.

Får da ein anna verdi, som ofte er litt mindre. Her er det jo litt same greia [peiker på graf 7-7 i boka], med at det er ein teoretisk vekt du skal få, men så får du ein mindre når du bruker det i praksis. [Eg nikkar]. Og forskjellen mellom dei to er... energien du... Altså, delta masse er det du bruker i energiformelen da, så det er sånn du hentar ut informasjon frå grafen.

3. G: Og når vi begynte å snakke om denne grafen teikna eg denne figuren her [Eg ringar rundt He-kjernen på arket.] Hjalp det på at du begynte å forstå?
4. K: Ja, eg har jo ein sånn tanke i hovudet at... protoner ja... eg tenker at vi legg saman klinkekuler og finn kva teoretisk dei skulle veid saman. Men i praksis så skrapast det av litt av kvar kule på ein måte, av energi da. Viss det gir mening..
5. G: Ja, du kan tenke på den måten. Så hjalp det å teikne den? [Eg peiker på He-kjerne på ark igjen].
6. K: Mhm! [Bestemt, høgt lydvolument.]

For å sjå samanhengen mellom graf 7-7 og formel var det vesentleg å først forstå den eine representasjonen, - graf 7-7 (linje 2). Det var viktig å forstå kva den viste, nemleg korleis massen varierte med nukleontal. Vidare kunne ho forbinde denne massen til formelen, og det blei klart for ho korleis ho skulle hente informasjon ut av grafen og tolke denne. Dette kan tolkast som at det var essensielt å relatere graf og formel med kvarandre for å kople begrepa energi og masse. Dette kan igjen vere ein føresetnad for at begrepet kjernekraft blei gjennomslagskraftig.

Kari trekk ikkje fram figuren eg teikna av He-kjernen sjølv. Men når eg spør om han (linje 3), skildrar ho korleis ho tenkjer angående massetap. Kjernen eg teikna i form av «kuler» kan passe til forestillinga ho hadde i utgangspunktet, og kan ha vore hjelpsam. Slik kan ein kjent figur vere viktig i kombinasjon med dei nye framstillingane for å skape mening. Også det å knytte nytt stoff til kjente teoriar kan vere fruktbart for å lære noko nytt (linje 2). Ho bekreftar i linje 6 at figuren hjalp. Likevel er det viktig å poengtere at spørsmåla mine her kan opplevast ledande, og at dette var ein grunn til det Kari sa om figuren si rolle her.

4.2.4 Samanfatning

Min måte å innleie diskusjonen om representasjonane på, hadde både likheitstrekk og ulikheiter blant dei tre case`ane. Dei ulike kategoriane av respons som elevane ga, var nokså framtredeane i nokre av case`ane, men var nesten ikkje til stades i andre. Her viser eg ei samanfatning av dette i form av tabell (sjå tabell 1).

Tabell 1: Tabell som viser samanfatning av mi innleing til dei ulike tema og representasjonane, og elevane sin respons i dei tre case`ane.

	Case 1 – Absorpsjonsspekter og intensitetsgraf	Case 2 – Kjernekraft og avstandsformel F_e	Case 3 – Massegraf 7-7 i læreboka
Mi rolle	Eg var veldig munnleg aktiv da eg forklarte, og eg teikna ein god del.	Eg var nokså munnleg aktiv, og teikna ein god del. Kari, prata også ein del for å forklare figurar for Eva, og samanheng med formelen.	Eg var minst munnleg aktiv her, og aktiviteten var i form av hint og stadfestingar på det Kari sa. Kari prata mest. Men eg teikna litt.
Kat. 1 – Elevane formulerer munnlege meiningsskapande forklaringar	Elevane forklarte nølande og forsiktig.	Eva var tilbakehalden og forsøkte seg ikkje på eigne formuleringar. (Kari prata ein del sidan ho hadde forstått teorien i timen.)	Kari sine forklaringar var først utprøvande og nølande, deretter meir bastante påstandar som leda fram mot Aha-oppleving
Kat. 2 – Elevane stiller spørsmål	I middels grad. Ofte i form av spørsmålsstillingar på slutten av eigne utprøvande forklaringar.	I stor grad av Eva.	I liten grad.
Kat. 3 – Elevane får Aha-oppleving	I stor grad. Eg var i stor grad munnleg aktiv fram mot at dei dekk ei Aha-oppleving.	I liten grad. Kari hadde forstått i timen, medan Eva bekreftar det vi forklarar utan å uttrykkje Aha-oppleving.	I stor grad. Kari var veldig munnleg aktiv fram mot at ho fekk Aha-oppleving.
Kat. 4 – Elevane gir respons på representasjonsformer	I liten grad.	I stor grad.	I stor grad.

4.3 Respons etter perioden

Denne resultatdelen er basert på 3. intervju og den siste, korte samtalen dagen etter (case 3). Her snakkar vi om perioden sett med eit overblikk, og eg vil finne ut kva påverkinga mi har ført til. Her presenterer eg utdrag som viser deira kommentarar om perioden og mi påverking, og som indikerer om eg har påverka deira refleksjonar omkring representasjonsformer.

Om mi påverking gjennom perioden, seier begge at dei har lært mykje; både fagleg teori og betydinga av visuelle representasjonsformer i læringa. Eg deler derfor dette avsnittet inn i «Representasjonsformer for å lære teori» og «Refleksjonar om representasjonsformer». Til slutt tek eg for meg fråverande resultat.

4.3.1 Representasjonsformer for å lære teori

I siste intervju foreslår Kari sjølv, på eige initiativ, å bruke ein *kombinasjon* av ulike representasjonsformer ved oppgåveløysing, - ikkje berre verbal eller matematisk skrift. Dette er ein ny idè i forhold til start-situasjonen.

Utdrag 13

1. G: Likar du å bruke ei slik rekne-løysing [som elevane gjorde i timen for oppgåve 7.19], eller likar du best å kanskje forklare med ord eller ut ifrå ein teikna figur?
2. K: Kanskje ein kombinasjon. For eg skjønnte ikkje heilt kvifor vi brukte $E=mc^2$ i det heile tatt eigentleg [i case 3]. Altså, eg skjønnte vi skulle finne ut energi, men eg skjønnte ikkje kva det relaterte seg til eller korleis vi kunne bruke det. Har jo hatt nokre energiformlar iløpet av faget allereie, men eg skjønnte ikkje kva den energien, eller likninga, viste da. Men no [etter å ha forstått massegraf 7-7] ser eg meir kva ideen er, altså kor mykje energi får vi når den og den reaksjonen skjer da.
(...)
3. G: Da lurar eg på, når det står på ein prøve «forklar det og det» prinsippet eller teorien. Er de da vant til å bruke tekst, eller har lærar sagt at her går det an å teikne figur, og så er det nok?
4. K: Ja, ho har sagt at ho vil vi skal teikne figurar...
5. G: I tillegg?
6. K: Ja, i hvertfall i tillegg. For å vise læraren kva vi tenkjer da. Men eg syns det er fint med ein kombinasjon. Sånn som no, da eg teikna opp det her [finn fram i skissa si av massegraf 7-7], så viste eg at... ein *sjå* ut ifrå grafen i seg sjølv, at det og det er tilfelle, og det kan ein *også* vise ved å bruke det her [K peiker på utrekning av

masseforskjellane]. Så eg likar eigentleg å gå igjennom og vise begge da, for da får eg liksom ein ekstra styrke...

7. G: Kva meiner du med begge?

8. K: Jo, at ein kan vise med utrekning også da, at viss du finn verdien av delta m da, og sett inn i formelen, så ser vi også at det er riktig i forhold til grafen og da. Men eg er veldig glad i å *forklare* som om eg skulle lært det bort til nokon andre når eg gjer oppgåver, for... da kan eg bruke prøven etterpå [*ler*].

I linje 2 brukar ho sjølv ordet kombinasjon og at dette er nyttig i læringa, og begrunnar dette med at massegraf 7-7 var hjelpemiddel til å forstå formel $E = mc^2$. Dette tyder på at å forstå massegraf 7-7 hjalp ho å forbinde utrekninga av masseforskjellen med formelen. Dette kan vise teikn på refleksjon over korleis ho har lært, da ho kan meine at det var nødvendig å forstå den visuelle framstillinga av grafen først for å forstå formelen.

I linje 7 og 8 seier Kari at ho likar å løyse oppgåva på to mulege måtar, ved rekning og graf, da det gir ein ekstra «styrke». Kanskje meiner ho at å kombinere desse kan fungere som ein fasit på om ho har kome fram til riktig svar. Slik kan svaret frå den eine metoden blir styrka eller bekrefta. Ho kan også meine at ved å bruke ulike løysingsmetodar som stemmer overens, blir begrepa masse og energi styrka og gjennomslitig. At ho seier ho kunne brukt to ulike framstillingar fordi det viser «styrke», viser teikn på at eleven ser dei ulike eigenskapane som modene graf og matematisk skrift har. Ho ser også at det er hensiktsmessig med eit veksling mellom desse, nemleg å «bruke begge» (linje 7), og at dette kanskje gir ulike innfallsvinklar til temaet. Dette kan tyde på at transduksjonen mellom representasjonane var nødvendig for å formidle fenomenet fisjon og fusjon for eleven.

I linje 2 seier Kari at ho skjønnte «ideen» om masse og energi ved å kople formelen til massegraf 7-7. Formelen består av entiteter (*entities*) som er særigne for formel, nemleg faktorar og variablar. Desse blei gitt meining ved hjelp av grafen, som besto av andre entiteter; verdier på variablane, og ei visuell linje som viser endring ut frå variabel. Å omforme meining mellom entitetene, kan ha vore nøkkelen til å forstå teorien (linje 2). Grafen hadde kanskje ein spesiell funksjon slik eleven ser det, da ho kunne *sjå* noko ut frå grafen som kanskje hadde vore vanskeleg å fått oversikt over berre ved rekning eller tekst (linje 6). Grafen var nok den mest avanserte moden å forstå her, men kanskje også den som gav mest informasjon.

Linje 8 viser også teikn på metakognisjon da ho seier ho likar å forklare som om ho skulle lært nokon andre. Dette viser refleksjon om læreprosessen hennar.

Det neste utdraget viser også refleksjonar om kombinasjon av ulike representasjonsformer, men med fokus på figurar og tekst. Kari foreslår også at figurar kan hjelpe for å forstå fysikk som kan opplevast «ukjent», og at ein må sjå an kva som eignar seg best til ein kvar situasjon. Eg har sett elevane brukar mest tekst, både ved notat og oppgåverekning. Dei seier at dei eventuelt teiknar figurar *i tillegg*, og her har eg poengtert dette og spurt om tekst i det heile tatt er nødvendig.

Utdrag 14

1. K: Ja eg syns dei [tekst og figur/graf] er veldig fine i samsvar med kvarandre. At dei hjelp kvarandre... til å styrke kva man får ut av lærdom, av timen da. Eg syns... det er veldig fint å bruke grafar og figurar. Sei når vi har hatt om krefter og bruke desse boksane som står på bordet, og vise korleis bordet verkar... såne ting. Men heilt av seg sjølv, - viss du berre hadde teikna figur av bord og ein boks, og sagt at eg skal teikne på kreftene, utan å forklart meg noko meir om kva det handla om, så hadde eg ikkje... Så det må vere ein liten introduksjon da [som tekst?]. Men eg syns figur er veldig greitt for å hugse det.
2. G: For å hugse ja, mhm.
3. K: Og for å sjå det litt for seg kanskje? Og for å relatere det litt til den praktiske verden, for altså, fysikk er jo på mange måtar veldig ukjent. Ikkje noko ein går og tenkjer på eller snakkar om til dagleg. Sjølv om det er ting som er helt inne. Har faktisk brukt fysikk her for ikkje så lenge sidan!
(...)
4. G: Kan figur hjelpe til å forstå?
5. K: Det kan den, definitivt, som med Bohrs atommodell, når det kjem i form av spektra. Kunne hatt den [figur av Bohrs atommodell for å forklare emisjonsspekter] som hovudsak, og ha piler og kanskje skrive med ei setning at hoppa frigjer energi i form av fotoner. Noko sånt. Men så trur eg det avhenger av kva tema ein jobbar med, og kva som eignar seg best. Og forståinga man har litt for konseptane da.

Også her, som i utdraget over, påpeiker Kari nytten av ein kombinasjon av representasjonsformer. Ho brukar ord som at dei «hjelp kvarandre» og «styrker» det som skal lærast (linje 1). Dette kan indikere at ho no ser det er ein forskjell mellom det som skal lærast,- innhaldet av eit begrep eller eit fenomen, og korleis form det blir framstilt ved. Kanskje ser ho at ulike representasjonsformer gir forskjellige innfallsvinklar til denne

lærdommen. Ho kan meine at ved å veksle mellom både tekst og visuelle framstillingar, kan teorien bli «gjennomslutning». Ho trekk fram eit eksempel om at figurar kan illustrere fysiske krefter. Kanskje meiner ho at informasjonen desse figurane gir hadde vore vanskeleg å formidle berre med tekst, og at Meiningsskapinga kan ha nytte av ein kombinasjon. Samtidig seier ho at ho treng ei forklaring eller introduksjon til figurane. Dette kan tyde på at ho etterspør støtte i å tolke figurane, og at desse bør gjerast eksplisitt av ein lærar for eksempel. Behandlinga av figurane må bli lært.

Ho trekk også fram at figurar hjelper for «å hugse», og at det kan hjelpe for å «sjå det for seg» (linje 1 og 3). Ho underbyggjer dette ved å påpeike at fysikk er ukjent [abstrakt?], men at figurar kan hjelpe for å dra samanhangar med «den praktiske verden». Kanskje meiner ho at teorien og innhaldet blir konkretisert i form av figurar. Samtidig er litt tekst nødvendig for å i det heile tatt skape mening av representasjonsforma figur, da ho ønskjer ein «introduksjon» til figuren (linje 1).

I linje 5 presenterer ho eit nytt syn på representasjonsformer, ved å sei at bruk av desse avhenger av «kva som eignar seg best». Dette kan tyde på at ho no er blitt bevisst dei ulike eigenskapane, fordelane og begrensingane ved dei ulike representasjonane.

4.3.2 Refleksjonar om representasjonsformer

Utdraga som følgjer viser elevane sine kommentarar på perioden i felt og mi påverking der.

Utdrag 15

1. G: Har du blitt meir bevisst betydninga av slike illustrasjonar som figur og graf i løpet av perioden?
2. K: *Veldig*. Eller, eg føler sånn... Fordi *du* har gjort meg veldig bevisst på det da, og har forklart figurane veldig greit.
3. K: Eg hugsar, sånn som når vi hadde om dei spektra også, var du veldig flink til å forklare...
4. G: Ja, med figuren av lommelykt og gass? [case 1]
5. K: Ja. Og når eg såg kor mykje det *hjelp*, så var det veldig greit altså. For eg har eigentleg pleidd å bruke det [figurar] mykje i biologi, men i biologi er det ikkje så mange feil i forhold til prosessar.

Kari seier ho er blitt «veldig bevisst» betydninga av illustrasjonar, fordi *eg* har «forklart figurane veldig greit» (linje 2). Det er ho sjølv som trekk fram mi rolle her (men sjølv sagt

kan dette vere ein følge av noko ledande spørsmål frå mi side). Dette kan tolkast som at det var nødvendig med støtte for å kanalisere kunnskapen som ligg i visuelle illustrasjonar. Ho kan meine at ressursane som ligg i dei visuelle framstillingane måtte bli lært. I dette tilfelle blei innhaldet i representasjonsformene forklart av meg, noko som Kari kan meine ho lærte av.

Ho trekk fram eit eksempel frå case 1, der ho syns eg forklarte spektra på ein fin måte (linje 3). Ho konkretiserer ikkje kva det var med forklaringa mi som var bra, men når eg nemner figuren eg teikna av lommelykt og gassky (linje 4) bekreftar ho at den hjalp for å forstå spektra (linje 5). Denne figuren verka i kombinasjon med spektra, noko ho kan meine utgjorde ei grei forklaring på absorpsjon.

Vidare seier ho at ho brukar meir figurar i biologi (linje 5). Dette kan vise at ho er bevisst at ho ikkje brukar figurar mykje i fysikk, kanskje fordi ho syns det er lett «få feil i prosesser» der. Ho nemner også tidlegare at ho er redd for å teikne feil i fysikk (avsnitt 4.1.) Det kan tolkast som at ho syns figurar i fysikk inneheld mykje informasjon, og at dette er vanskeleg å forhalde seg til.

Det ho seier om figurbruk kan tyde på at ho meiner det er nettopp *figurane* ved mine forklaringar som har hjulpet til å forstå. Og at ved å erfare dette, kan ho no ha blitt meir bevisst betydinga av illustrasjonar. At Kari seier ho har sett kor mykje figurane eg har teikna og forklart *hjalp*, tyder på refleksjon over korleis ho lærer og kan inngå som endring i metakognisjon hos eleven (linje 5). Meiningspotensialet i figurane kan ha blitt økt, slik Kari ser det.

Det siste utdraget er frå den siste samtalen med begge elevane, dagen etter 3. intervju. Først no får Eva spørsmål om kva perioden har ført til, medan Kari har fått tenkt litt sidan gårdsdagen.

Utdrag 16

1. G: Litt meir generelt; no i denne perioden i februar så har eg jo filma og intervju dykk. Og eg har hatt fokus på framstillingar, som figur, graf, formel og matte, og korleis vi koplar alt dette i fysikken. Eg har også teikna på ark mens vi har snakka saman, og forklart ting frå timen, og da trur eg de har skjønt ting litt betre. [K bekreftar med nikk og «mhm» etter nesten kvar setning].

Og da er spørsmålet mitt, først til deg Eva, om du tenkjer meir over det å bruke teikning, av graf og figur for eksempel, når du lærer?

2. E: Ja, eg trur faktisk det. På grunn av at eg teiknar også litt meir i kjemi, og fysikk. Ja eg syns det er eigentleg veldig enkelt med det kappitlet vi har no, på grunn av at det er spalting av atomkjernar og sånt, og da kan ein vise med figur kva som skjer.
3. G: Ja, det er eit lett tema å teikne?
4. E: Ja.
5. G: Så brukar du figurar meir vil du sei? Oftare?
6. E: Ja, litt oftare ja.
7. G: Og du Kari sa i går at du hadde blitt meir bevisst kva ein figur kan bety. [Kari bekreftar.] Og kva har det ført til?
8. K: Eg satt og teikna figurar idag, og eg viste dei til henne [til Eva, som bekreftar.] Eg teikna figur da eg svarte på oppgåva mi. For å illustrere kva eg tenkte og på ein måte...
9. K: Du sorterer tankane litt da, mens du gjer det. For når du skriv er det lett å berre skrive, skrive, skrive, men, - har eg eigentleg forklart det godt nok, forstår folk kva eg meiner? Når ein teiknar må du ta det litt steg for steg i hovudet ditt og gå igjennom forklaringa, viss det gir mening? [Eva bekreftar].

Eva «trur» ho tenkjer meir over det no, for ho seier ho brukar visuelle illustrasjonar oftare og også i andre fag (linje 2 og 6). Spørsmålet mitt i linje 5 er nokså ledande med tanke på svaret eg får (linje 6), men ho eksemplifiserer på eige initiativ i linje 2 at ho brukar figurar litt meir. I likheit med Kari (linje 8), begrunnar begge det at dei «tenkjer meir over» eller er blitt meir bevisste visuelle illustrasjonar, med at dei brukar det *oftare*. Dette kan tyde på metakognisjon hos elevane, da dei kan ha reflektert over visuelle framstillingar og syns dei er nyttige i læringa.

Kari held fram med at figurar *illustrerer* kva ho tenkjer, og at det får *sortert* tankane (linje 8). Eva seier at figur *viser* kva som skjer (linje 2). Dette viser at dei har konkrete begrunningar for å teikne oftare no. At Kari i siste setning (9) trekk fram at ein ikkje alltid får forklart godt nok berre ved å bruke tekst, er eitt nytt innspel sett over heile perioden. At tekst i seg sjølv ikkje alltid er godt nok, kan tyde på refleksjon over kva dei ulike representasjonsformene tilbyr, deira entitet og bruksområde.

4.4 Fráværande resultat

Påverkinga mi førte til respons på ulike måtar, men det var også manglande respons på det eg gjorde.

I case 1 gir elevane lite respons på representasjonsformene, sjølv om eg brukte fleire ulike visuelle framstillingar i forklaringa mi som leda fram til at dei forsto.

I case 2 forsøkte både Kari og eg å forklare Eva figurane og samanhengen mellom desse og formelen. Dette både ved munnleg tale og ved å teikne. Likevel ga ikkje Eva uttrykk for at ho forsto eller lærte noko nytt.

Elevane seier at dei brukar visuelle framstillingar meir no enn før. Ut frå observasjonsfilmen ser eg at dei brukar nokre figurar i timane i case 3. Men dette er for lite grunnlag for å sei at dei faktisk brukar figurar meir.

Elevane seier dei er blitt meir bevisst representasjonsformer i fysikk etter perioden. Men dei nemner ikkje kvifor dei ikkje har fått denne bevisstheita i den ordinære undervisinga, eller kva lærar kunne gjort for at dette skulle skjedd.

5. Drøfting

Resultata viser at elevane i utgangspunktet brukar lite visuelle representasjonsformer, både ved tavlegjenomgang og ved oppgåverekning. Elevane uttrykkjer at dei kan vere vanskelege å forstå, og det er ønskeleg at desse blir gjort eksplisitte. Det er heller ikkje intuitivt korleis dei visuelle representasjonsformene forbindast med kvarandre, eller med andre representasjonsformer. Ved å få desse forklart, ved teikningar og munnleg tale, kan fenomenet eller begrepet som skal lærast bli forståeleg og gi meining for elevane. Meining blir også skapt når elevane sjølv forsøker å forklare dei visuelle representasjonane og stiller spørsmål ved dei, så lenge dei har nokon som bekreftar eller avkreftar det dei seier. På slutten av perioden seier elevane at dei tenkjer meir over visuelle representasjonar, og ein av elevane trekk fram mi rolle som ein grunn til dette. Dei seier også at dei brukar visuelle representasjonar litt meir.

Her vil eg drøfte resultata opp mot presentert teori. Dette vil eg gjere med utgangspunkt i å svare på forskingsspørsmålet «Korleis kan elevar sine refleksjonar omkring representasjonsformer bidra til å oppnå *science literacy* i fysikk». Som poengtert i innleiinga, er forskingsspørsmålet todelt. Eg vil derfor presentere drøftinga i to delar: eg drøftar elevane sin bruk av visuelle representasjonsformer, deira respons på desse og på samanhengen mellom dei. Samanhengen mellom representasjonsformene og det å oppnå *science literacy* blir tatt opp. I tillegg drøftar eg korleis mi påverking på elevane har influert deira metakognisjon når det gjeld visuelle representasjonar. Til slutt, i avsnitt 5,3, tek eg for meg implikasjonar av studien og vegen vidare.

5.1 Elevane sitt forhold til representasjonsformer, knytta mot *science literacy*

Elevane uttrykkjer at visuelle representasjonsformer er vanskelege, og brukar det lite. Dei nemner at dei er redd for å teikne i fysikk da det er lett for at det blir feil, men dei teiknar meir i andre fag (eks. biologi.) Ein kan diskutere kva det er med visuelle framstillingar i fysikk som er spesielt komplisert. Ein årsak kan vere at dei inneheld mykje informasjon. (Kress, 2010) og Roth et al. (2005) argumenterer for at bilete (dei skriv *images* og *photographs* respektivt) har eit rikt innhald og har stor detaljrikdom. Kress (2010) eksemplifiserer på bilete med fotografi og teikningar. Desse kan ha likheiter med teikna figurar i fysikk, men skil seg tydeleg frå for eksempel ein graf. Resultata viser at også *grafane* presentert var vanskelege å skape meining ut av, og det er muleg desse opplevast minst like kompakte og rike på informasjon enn figurar

elles. Dette støttast av Roth et al. (2005) som argumenterer for at grafar inneheld store mengder data, og er ein matematisk representasjon av eit fenomen. Dette kan vere med på å gjere grafen tettpakka med informasjon og vanskeleg å forstå for elevane. Å lese grafar vil også vere spesielt utfordrande om dei ikkje mestrar matematikk godt i utgangspunktet, noko som inngår i fysikkfaget i stor grad (Angell et al., 2016).

Elevane uttrykkjer ønske om at figurane og grafane blir grundig forklart. Det kan tyde på behov for hjelp i deira tolkingar av representasjonane. Norris og Phillips (2003) påpeiker tolkinga til elevane som kjelda til det faglege innhaldet. Kvar representasjon har eit meiningspotensial, men forma denne blir presentert med må tolkast for å gi meining (Selander & Kress, 2010). Da eg forklarte begrepet absorpsjon for elevane (case 1), ved å forklare munnleg samanhengen mellom absorpsjonsspekter, intensitetsgraf og andre figurar som eg teikna, fekk elevane hjelp i tolkinga av dei visuelle representasjonane. Representasjonane ga da meining for dei. Kalthoff & Roehl (2011), som på si side fokuserer på konkrete (objekt) støttar også opp om at eit objekt må bli forklart av lærar for å gi meining. Det kan vere behov for at elevane får hjelp i tolkingane sine, av ein lærar eller som i denne studien, av meg. Dette kan tyde på at læraren må fokusere meir på å gjere representasjonsformene eksplisitte for elevane.

I tillegg til behovet for at kvar enkelt representasjon blir gjort eksplisitt, uttrykkjer også elevane vanskelegheiter ved å skulle forbinde representasjonane med kvarandre. Dette er noko fleire studier viser til (Jornet & Roth, 2015; Kozma, 2003). Funna viser at dette er problematisk både innad i ein representasjonsform, som mellom ulike figurar (case 1), men også mellom ulike representasjonsformer som graf, figur og formel (case 2 og 3). Resultata viser også at det er vanskeleg å forstå eit fenomen eller begrep som blir formidla ved bruk av fleire ulike representasjonar. Dette støttast av (Lemke, 1998) og (Knain & Hugo, 2007) ved at å kunne bevege seg imellom representasjonane gir grunnlaget for å oppnå forståing i faget. Kress (2010) poengterer at ein mistar meininga som blir forsøkt formidla ved å fokusere berre på ein mode aleine. Det er nødvendig å bruke fleire representasjonsformer, og fagteksten opplevast da gjennomsluktig (Knain & Hugo, 2007). Dermed kan det altså bli vanskeleg å forstå eit fenomen eller begrep i fysikk, som inngår i det å oppnå *science literacy*, dersom elevane ikkje mestrar å forbinde representasjonsformene med kvarandre. I denne forbindinga blir meining overført frå ein representasjon eller mode til ein annan, noko (Kress, 2010) kallar transduksjon. Her er overføring mellom entitene (*entities*) i dei ulike modene sentralt. Eit

eksempel på dette er case 3, der Kari seier det var lettare å kople graf med formel etter å ha forstått kva ho kan lese av grafen først (Utdrag 12). Formelen hadde eit eige vesen bestående av særlegne entiteter, nemleg faktorar og variablar. Desse blei gitt meining ved hjelp av grafen, som besto av andre entiteter; verdier på variablane, og ei visuell linje som viser endring ut frå variabel. Å overføre meining mellom entitetene, kan synast å vere nøkkelen til å forstå teorien om masse av ein atomkjerne.

I denne overføringa hadde eg ei rolle (dette gjer eg greie for i avsnitt 5,2). Resultata tyder altså på at elevane også treng hjelp til transduksjonane sine, og ikkje berre det å gjere ein representasjonsform eksplisitt. Kress (2010) derimot, som tek nøye for seg transduksjon, nemner ikkje noko behov om å hjelpe elevane til dette. Konsekvensen av støtten i transduksjonane i denne studien, ser ut til å vere at elevane lærer noko nytt og er komne eit skritt lenger på veg mot å oppnå *science literacy* i fysikkfaget. Dette har vist seg i form av uttrykt glede og lettelse over å forstå noko dei ikkje forsto i timen (kategori 3, case 1 og 3). Støtta av meg var å få hjelp til å lese dei spesifikke grafane, figurane og formlane, og kople desse saman. Selander og Kress (2010) seier at innhald og form ikkje kan skiljast, og at form er sjølve grunnlaget for kommunikasjon. Forma her er representasjonane. Elevane har dermed fått ei større fagleg forståing, noko som i høgste grad kan relaterast til Visjon 1 av Roberts og Bybee (2014) sin definisjon av det å bli *scientific literate*.

Læraren brukar lite skrift i undervisinga, og snakkar munnleg rundt figurar, grafar og formlar. Elevane derimot omformar dette hovudsakleg til verbal teks i deira eigne notat. Det kan tyde på at elevane har problem med transduksjonen mellom munnleg tale og visuelle representasjonsformer, da dei teiknar lite figurar i notata. Å mestre transduksjon er dermed viktig for å kunne ta gode og effektive notat i undervisingssituasjonen, da det inneber å kunne kople dei ulike representasjonsformene som lærar brukar. Transduksjonen er også viktig for å kunne lese ein samansett tekst i læreboka, og ved å vurdere kva representasjonar som er hensiktsmessige å bruke ved oppgåverekning når elevane skal formulere seg sjølve.

Analysane av alle tre case`ane viser også at elevane sin eigen munnlege aktivitet kan vere betydingsfull i tolkingane av representasjonane. I case 1 og 3 forsøkte elevane aktivt å kome med eigne forklaringar på dei visuelle representasjonsformene (kategori 1), noko som resulterte i ei aha-oppleving (kategori 3). Munnleg tale ut frå figurar kan synast å vere eit viktig verktøy for at elevane skal kunne forstå representasjonar og samanhengane mellom dei.

Forklaringane deira var først forsiktige, nølende og utprøvande. Dette er i samsvar med studiane til Roth & Lawless, (2002). I case 1 var det eg som prega samtalen etter elevane hadde forsøkt seg på eigne forklaringar, og teikna og forklarte munnleg fram til dei fekk ei aha-oppleving. I case 3 derimot var det Kari som prata mest fram mot at ho fekk ei aha-oppleving. Forklaringane til Kari blei etter kvart meir bastane og konkluderande, i motsetning til nølende i starten. På slutten av perioden spela altså eleven sin munnlege aktivitet ei enda større rolle i å forstå noko nytt, enn i starten. I case 2 var Eva munnleg aktiv i form av å stille eigne, grunnleggjande spørsmål (kategori 2). Etter å ha innleia temaet var rolla mi da å svare på desse. Det er tvilsomt om Eva tykte ho lærte noko nytt her. Men uansett inngår elevane sin munnlege aktivitet (både kategori 1 og 2) i deira forsøk på å tolke representasjonane i alle dei tre case`ane. Andriessen (2006) støttar dette ved å argumentere for at elevane oppnår læring ved munnleg diskusjon og argumentasjon. At læring og munnleg uttrykksmåte heng saman, støttast også av Lemke (1990).

At elevane bidro munnleg i læringsprosessen, kan inngå i utviklinga av eit naturvitenskapleg språk ifølgje Roth og Lawless (2002). Dei vektlegg betydninga av konkreter og «hands-on»-praksis i denne utviklinga. Også Kalthoff og Roehl (2011) viser til konkreter som grunnlag for diskurs i klasserommet. Min studie kan derimot indikere at konkreter ikkje treng å vere ein føresetnad for dette. I staden kan visuelle representasjonsformer ha ei viktig betydning i prosessen mot å få forståing i faget og oppnå *science literacy*. Dette kan relaterast til å utvikle eit naturvitenskapleg språk, som Roth og Lawless (2002) beskriv som både munnleg og skriftleg med bruk av abstrakte symbol. Samtidig viser dei til gestikulasjon og samtale i grupper som viktig når elevar skal forklare eit fenomen⁵. Denne studien støtter dette, da samtale førte fram til forståing og meir presise formuleringar av ein representasjonsform, eit begrep eller fenomen. Elevane diskuterte også seg imellom, og forsøkte å gjere representasjonane eksplisitte ved å vere munnleg aktive. Dette stemmer med teorien som seier av ved diskusjon og samtale kan læraren bringe forståing til elevane vidare (Haug, 2014). I artikkelen til Roth og Lawless (2002) blir det ikkje gjort greie for kva gruppe denne samtalen foregår i. Resultata i denne studien kan indikere at det er fruktbart med ei gruppe som består av både elevar og ein lærar. Også gestikulasjon inngjekk i forklaringane til elevane og meg, som å vise til figurar eller å immitere ei beveging.

⁵ Roth og Lawless (2002) skriv «natural phenomena» utan å definere dette.

Ved å forstå representasjonsformene og sammenhengen mellom dei har elevane gitt uttrykk for forståing av begrep og fenomen i fysikken og betre innsikt i faget (kategori 4, aha-oppleving). Dermed kan representasjonsformer, som er karakteristisk for fysikkfaget, vere viktig å ta hensyn til ved det å oppnå *science literacy*. Dette både ifølgje Roberts og Bybee (2014) sin definisjon av Visjon 1 og *science literacy*, og Norris og Phillips (2003) sin definisjon av *the derived sense of scientific literacy*. Her handlar det om å ha kunnskap i faget i seg sjølv. At elevane prøvar å tolke representasjonsformene kan også inngå i definisjonen av *the fundamental sense of scientific literacy*, da dei innebar å kunne forstå, tolke og analysere ein multimodal tekst (Norris & Phillips, 2003). Visuelle representasjonsformer ein vesentleg del av fysikk, og ved å kunne tolke og bruke desse aktivt kan det føre til fagleg innsikt og dermed *science literacy*. Fleire aktørar støttar opp om definisjonen til Roberts og Bybee (2014) som poengterer at det å ha kunnskap i faget i seg sjølv er ein vesentleg del av det å oppnå *science literacy*.

Knain og Hugo (2007) påpeiker at det er ein del av kompetansen i faget å kunne formidle seg med ulike representasjonsformer. Representasjonsformene i elevane sine egne multimodale tekstar, representerer også kva kunnskapar elevane har om begrepet eller fenomenet som formidlast (Knain, 2015; Selander & Kress, 2010; Tytler et al., 2013). Case 3 er eit døme på dette, der dei svara på ei oppgåve ved rekning. Oppgåva kunne blitt løyst ved å berre bruke grafen, men denne blei ikkje forståeleg for eleven før i intervjuet. At dei ikkje brukte graf kunne gi ein peikepinn på at elevane ikkje beherska eller forsto denne. Representasjonane i svaret til elevane blei dermed eit uttrykk for kva dei kunne, noko som også støttast av Tytler et al. (2013) og Selander og Kress (2010). Ein må derfor ta hensyn til det å kunne bruke og veksle mellom representasjonsformer truleg er tett forbunde med elevane si totale måloppnåing i fysikkfaget, og kanskje eit heilt vesentleg uttrykk for eleven sin kompetanse. Resultata i denne studien indikerer at elevane treng hjelp til å utvikle ferdigheiter for å kunne bruke fleire ulike representasjonsformer, og for å vurdere kva som er best egna uttrykksform til ei kvar tid. Kress (2010) poengterer at hjelp utanfrå er viktig for at elevane skal kunne ta stilling til kva moder dei vil bruke.

5.2 Refleksjonar hos elevane på slutten av perioden og mi rolle

Det elevane seier på slutten av perioden tyder på refleksjonar over visuelle representasjonsformer som verktøy. Dette inntrykket av dei kognitive prosessane til elevane har eg fått av det dei seier munnleg. Ericsson og Simon (1993) klassifiserer nærheit som ein styrke ved munnleg tale, noko eg fekk anledning til ved intervjuet. Men deira meiningar og refleksjonar er noko eg må tolke da eg aldri kan vite nøyaktig korleis og kva elevane tenkjer. Refleksjonane gir seg til uttrykk ved at elevane på slutten begrunnar kvifor figurar hjalp dei i læringsprosessen, og at dei argumenterer for at dei vil teikne meir (jamfør avsnitt 4.3). Kari seier at ein må vurdere kva representasjonsformer som eignar seg best til ei kvar tid. Elevane argumenterer også for å bruke ein kombinasjon av ulike representasjonsformer, å bruke figurar saman med verbal test, og at det å berre skrive verbal tekst ikkje alltid er nok når ein skal forklare noko. Desse synspunkta til elevane støttast av det Unsworth og Clèirigh (2009) seier om interaksjonen mellom det visuelle og verbale. Det visuelle bidrar i stor grad til meiningsskapinga og er viktige i læringa (Kress et al., 2001; Machin, 2009), og kommentarane til elevane tyder på at dei no har erfart dette. Desse kommentarane tyder på kritisk tenking, og tenking om noko som har skjedd i fortid, som er i samsvar med Dewey (1933) si skildring av refleksjon.

Refleksjonane om korleis dei lærer (nemnt over) er alle nye i forhold til start-situasjonen. Dette indikerer ei endring i metakognisjon hos elevane, da metakognisjon krev refleksjonar over eiga læring (Azevedo & Alevan, 2013; Selander & Kress, 2010). Dei nye kommentarane kan tyde på at dei no ser på visuelle representasjonsformer som verktøy for å lære og få innsikt i eit fenomen eller begrep. Representasjonsformer som verktøy poengterast av Knain og Hugo (2007) og Kress (2010). Kress (2010) på si side brukar ikkje ordet «verktøy/tool», men påpeiker at kvar mode «does a specific thing» og tilbyr noko andre moder ikkje kan. Det er sannsynleg at elevane no har erfart at dei visuelle representasjonsformene har eit potensial for å skape meining som verbal tekst ikkje kan, og reflekterer over dette på slutten av perioden. Dermed kan desse erfaringane bidra til endring i metakognisjon hos elevane, med refleksjonar om korleis dei visuelle representasjonsformene kan hjelpe dei for å lære faget og bli *scientific literate*. Metakognisjon inneber refleksjonar om korleis ein har lært (Selander & Kress, 2010).

Dei nye refleksjonane på slutten kan ha samanheng med at responsen dei gir på representasjonsformene (kategori 4) er ulike i alle dei tre case`ane. Det kan sjå ut som at refleksjonane utviklast over tid. I case 1 er det nesten ingen respons etter aha-opplevinga, - berre at Kari seier «figur hjalp veldig» for å forstå oppgåveteksten, utan at ho utdjupar dette noko meir. Dette kan vere fordi elevane kanskje ikkje er vant til å reflektere over representasjonsformer. Dette støttast av Klemp (2013) som skriv at det tek tid å utvikle slike ferdigheiter. Eller det kan vere på grunn av meg i stor grad som var fersk intervjuar, og eg kunne kanskje lagt betre til rette for refleksjonar. Uansett står dette i kontrast til kommentarane deira i både case 2 og 3, som viser refleksjonar over representasjonane. I desse case`ane kommenterer elevane kva som var vanskeleg med dei ulike representasjonane, kva som gjorde at dei forsto noko nytt, og korleis fenomenet eller begrepet eventuelt kunne blitt betre forklart av lærar med tanke på representasjonane. I case 3 kjem dei også med andre argument for å bruke fleire representasjonsformer. Dei seier også at dei teiknar meir. Om dette faktisk stemmer, kan det vere på grunn av dei nye refleksjonane etter perioden.

Det elevane seier på slutten står i motsetning til det dei seier og gjer før eg starta å påverke dei. Da brukte dei hovudsakleg berre verbal tekst, og argumenterte for dette. Mi rolle gjennom perioden kan ha lagt grunnlaget for refleksjonane på slutten. Påverkinga mi på elevane kan ha ført til ei endra haldning til hos elevane, og gjort dei merksame på dei visuelle representasjonane som verktøy for å oppnå *science literacy*. I kvar case innleia eg tema og representasjonsformene ved å teikne og stille spørsmål ved dei. Dette kan støttast av det Jornt og Roth (2015) skriv om viktigeita av at lærar stiller spørsmål i prosessen med å forstå eit fysisk fenomen. Denne innleiinga mi førte til at elevane blei munnlege aktive og forsøkte å forklare representasjonsformene sjølve (case 1 og 3), eller at det blei stilt spørsmål (case 2). Innleiinga mi kan derfor ha satt i gang kritisk tenking om dei ulike representasjonane, og refleksjonar om kva informasjon ein kunne få ut av desse. Vidare teikna eg visuelle representasjonar, og gjorde desse eksplisitte i samtale med elevane. Eg dro også samanhengar mellom desse og andre representasjonsformer, og hjalp dei derfor med trandsuksjonen. At dei erfarte ei aha-oppleving (case 1 og 3) som følgje av dette, kan ha ført til bevisstgjerung om potensialet i representasjonsformene for læringa. Dette er ein måte å forstå refleksjon på (Klemp, 2013). Mi rolle i å gjere elevane observante på representasjonsformene, støttast av Tytler et al. (2013). I case 2 deimot såg det ikkje ut til at Eva følte ho lærte noko nytt. Figurane og vår munnlege forklaring hadde potensiale til å hjelpe ho å forstå, men manglande respons tyder på at det mislykkast. Dette viser at

påverkinga mi ikkje alltid førte til at dei lærte noko nytt. Men responsen i form av spørsmål og munnleg aktivitet frå elevane si side, tyder likevel på at eg påverka dei i retninga eg ønska med tanke på å reflektere rundt representasjonsformer.

Eg var sjølv var munnleg aktiv i forklaringane mine, spesielt i case 1 fram mot at dei erfarte ei aha-oppleving. Men eg hadde også ei rolle ved elevane sin munnlege aktivitet. Eg innleia diskusjonane med teikningar og munnlege forklaringar, som kan ha satt i gang tankeprosessar om kva illustrasjonane eigentleg viser. Dette fordi elevane fulgte opp med eigen munnleg aktivitet (kategori 1 og 2). Figurane kan ha fungert som verktøy mot å få innsikt i begrepa. Rolla mi innebar også å svare på spørsmål, gi hint og bekrefting på elevane sine egne forklaringar (case 2 og 3). Støtte frå meg kan ha vore essensielt for at dei forsøker å forklare representasjonane og samanhengane mellom desse. Resultata kan tyde på at hjelpa elevane treng er både i form av å få representasjonsformene forklart, og i form av støtte til elevane i deira egne formuleringar. Ved ei slik støtte kan lære noko nytt og kome nærmare på vegen mot å oppnå *science literacy* i faget.

Resultata tyder altså på at det var nødvendig med påverking av ein lærar (i dette tilfelle meg) for å kome eit skritt nærmare i å oppnå *science literacy*. Dette kan støttast av Klemp (2013) som påpeiker betydinga av dialog for refleksjon. Potensialet ved representasjonsformer var ikkje intuitivt for elevane, eg kan ha hjulpet dei på veg mot å reflektere over dette. Studien er slik eksempel på korleis ein kan støtte elevar i fruktbare refleksjonar, noko Sawyer (2006) påpeiker er viktig å undersøkje. At påverkinga mi hadde ei positiv effekt, støttast av at ein av elevane poengterte *mi rolle* i å gjere ho bevisst på at visuelle representasjonsformer kunne hjelpe i læreprosessen. At ho seier *eg har gjort ho bevisst på illustrasjonar*, tyder på at ho syns det var nødvendig at nokon aktivt gjorde eleven bevisst på det. Samtidig kan dette svaret vere ein følgje av spørsmålet mitt og konteksten det blei stilt i, eller at eleven svarar det ho trur eg vil høyre. Likevel er det relevant å diskutere om det var nødvendig at eg gjorde ho merksam på potensialet i dei visuelle framstillingane, eller om ho kunne lært det av seg sjølv eller ved samtale med andre elevar. Det er godt muleg at ressursane som ligg i dei visuelle framstillingane må bli undervist for elevane. I studien var det eg som underviste. I perioden har eg begrunna mine forståingar av fenomenet som skulle forklarast med å teikne figurar og grafar, og gjorde elevane klar over kva vi kunne forstå av desse. Eg gjorde representasjonane eksplisitte. I tillegg informerte eg elevane om samanhengen mellom ulike representasjonar, og

viste korleis dei kunne behandle desse for å skape mening av dei. Dette bidro mot å lære noko nytt (case 1 og 3) og kan derfor inngå i det å bli *scientific literate*.

5.3 Implikasjonar og vegen vidare

Her drar eg slutningar frå funna mine ved å drøfte kva konsekvensar desse har for fysikkundervising. Eg kjem med forslag til kva som kan gjerast for at elevar kan oppnå *science literacy* i faget. Vidare drøftar eg gjennomføring av denne studien og vegen vidare.

Implikasjonar

Studien støttar det fleire andre teoretikarar seier, om at å kunne lese og bruke visuelle representasjonar er ein føresetnad for å få innsikt i naturfag og fysikk.

Representasjonsformene kan derfor vere ein viktig faktor for at elevane oppnår *science literacy*. Men visuelle representasjonsformer i fysikk kan opplevast kompliserte for elevane, og er vanskelege å forstå. Det er derfor behov for at desse blir gjort eksplisitte for elevane, og at dei får støtte i transduksjonane sine. I denne studien var det eg som hjalp elevane med dette. Ein implikasjon er dermed at læraren som må ta denne rolla i undervisinga. Ei utfordring blir at i klassen er det mange elevar, og ikkje berre to som i denne studien, og alle elevane har ulike faglege nivå. Det må undersøkjast meir korleis ein lærar kan legge til rette for å for at representasjonsformene, og samanhengen mellom dei, kan forståast lettare.

Eit forslag er at lærar legg til rette for diskusjon elevane imellom, med føringar som konkret omhandlar aspekt ved representasjonsformer og samanhengen mellom desse. Forslaget spring ut av resultatata i denne studien, da elevane sin munnlege aktivitet såg ut til å vere ein vesentleg faktor for å oppnå forståing av eit begrep eller fenomen i fysikk ved hjelp av representasjonsformer. Samtidig viser resultatata at elevane har behov for støtte i deira munnlege aktivitet mot å forstå noko nytt. Størrelsen på klassen kan dermed verke inn på korleis lærar får fulgt opp diskusjonane til elevane.

Resultata tyder også på at elevane i utgangspunktet ikkje var bevisste potensialet for informasjon og meiningsskaping som ligg i dei ulike representasjonane. Etter ein periode med fokus på desse, og erfaringar av å lære noko nytt ved å lese representasjonsformer, uttrykkjer elevane nye refleksjonar og at dei vil bruke desse meir. Dermed vil læraren også ha ei viktig rolle i å legge fokus på representasjonsformene. Ved å påpeike kva informasjon elevane kan hente frå dei, kan elevane få refleksjonar omkring representasjonsformene som bidrar mot å oppnå *science literacy* i faget.

Vegen vidare

Denne studien er eit bidrag til forskinga ved at bruk og refleksjonar om representasjonsformer frå *elevane* si side er undersøkt. Studien indikerer korleis representasjonsformer kan hjelpe elevane på veg mot å oppnå *science literacy*, noko som er eit av måla for utdanning generelt. Samtidig trengs det meir forskning på korleis læraren i klasserommet skal kunne ta rolla eg hadde i denne studien.

Som nemnt seier elevane dei er blitt meir bevisst representasjonsformer etter påverkinga mi. Men dei nemner ikkje kvifor dei ikkje har fått denne bevisstheita i den ordinære undervisinga, eller kva lærar kunne gjort for at dette skulle skjedd. Dette hadde vore relevant å undersøkje nærmare.

På grunn av tidsbegrensing på denne oppgåva fekk eg ikkje anledning til å undersøkje om elevane faktisk brukte visuelle representasjonsformer meir etter perioden eg påverka dei. Det hadde vore interessant, og fruktbart for studien sin konklusjon. Dette kunne vore gjort ved å filme dei i undervisinga i nokre veker etter siste intervju, eller å ta bilete av skrivebøkene deira ein periode.

Intervjua tok utgangspunkt i at det var noko elevane ikkje hadde forstått i timen. Det kunne også vore interessant å lagt vekt på det dei forstått i timen, og om dei syns representasjonane var av betydning for å lære. Samtidig var det interessant å få anledning til å undersøkje prosessen tett fram til elevane forsto noko nytt, som i case 1 og 3 der dei i utgangspunktet ikkje hadde forstått i timen.

Denne studien er med på å gi grunnlag til vidare forskning på elevar si læring i fysikk. Nokre av vanskelegheitene som elevar opplever i fysikkfaget kan minskast med meir fokus på representasjonsformene i faget. Dette fokuset kan hjelpe elevar til å få betre ferdigheiter til å lese, bruke og reflektere over representasjonsformene. Desse kan spele ei vesentleg rolle i å oppnå *science literacy* i fysikk.

Kjeldeliste

- Adadan, E. (2013). Using Multiple Representations to Promote Grade 11 Students' Scientific Understanding of the Particle Theory of Matter. *Research in Science Education*, 43(3), 1079-1105.
- Andriessen, J. (2006). Arguing to Learn. I R. K. Sawyer (Red.), *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2016). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Angrosino, M. (2007). *Doing ethnographic and observational research*. London: SAGE.
- Azevedo, R. & Aleven, V. (2013). *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies* (Springer International Handbooks of Education, Bind v.28). New York: Springer.
- Brinkmann, S., Tanggaard, L. & Hansen, W. (2012). *Kvalitative metoder : empiri og teoriutvikling*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Christoffersen, L. & Johannessen, A. (2012). *Forskningsmetode for lærerutdanningene*. Oslo: Abstrakt forlag.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design - Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (4. utg.). London: SAGE.
- Creswell, J. W. & Miller, D. L. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory into Practice*, 39(3), 124-130.
- Callin, P., Pålsgård, J., Stadsnes, R. & Tellefsen, C. W. (2012). *Fysikk 1 – ERGO* (2.utg.). Trondheim: Aschehoug
- Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2000). *Handbook of qualitative research* (2.utg.). London: SAGE Publications, Inc.
- Dewey, J. (1933). *How we think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Boston: D.C. Heath and Company.
- Dolin, J. (2002). *Fysikkfaget i forandring. Læring og undervisning i fysikk i gymnasiet med fokus på dialogiske prosesser, autencitet og kompetanceudvikling*.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*. . Cambridge MIT Press.
- Everett, E. L. & Furseth, I. (2012). *Masteroppgaven. Hvordan begynne - og fullføre* (2.utg.). Oslo: Universitetsforlaget

- Grønmo, L. S., Hole, A. & Onstad, T. (2016). *Ett skritt fram og ett tilbake*. Tilgjengelig fra: <https://press.nordicopenaccess.no/index.php/noasp/catalog/view/7/16/67-1> (Lest: 15.01.17)
- Halkier, B. (2010). *Fokusgrupper* (1. utg.). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Hammersley, M. & Gomm, R. (2000). Introduction. I M. Hammersley, R. Gomm & P. Foster (Red.), *Case study method*. London: SAGE.
- Haug, B. S. (2014). Inquiry-Based Science: Turning Teachable Moments into Learnable Moments. *Journal of Science Teacher Education*, 25(1), 79-96.
- Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy - A Teacher's Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Imsen, G. (2014). *Elevens verden. Innføring i pedagogisk psykologi* (5.utg). Oslo: Universitetsforlaget
- Jacobsen, D. I. (2005). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode* (2. utg.). Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Jewitt, C. (2009). An Introduction to multimodality IC. Jewitt (Red.), *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis* (s. 14-27). Abingdon: Routledge.
- Jornet, A. & Roth, W. M. (2015). The Joint Work of Connecting Multiple (Re)presentations in Science Classrooms. *Science Education*, 99(2), 378-403.
- Kalthoff, H. & Roehl, T. (2011). Interobjectivity and Interactivity: Material Objects and Discourse in Class. *A Journal for Philosophy and the Social Sciences*, 34(4), 451-469.
- Kang, N.-H., Orgill, M. & Crippen, K. (2008). Understanding Teachers' Conceptions of Classroom Inquiry With a Teaching Scenario Survey Instrument. *The official journal of the Association for Science Teacher Education*, 19(4), 337-354.
- Klein, P. D. & Kirkpatrick, L. C. (2010). Multimodal Literacies in Science: Currency, Coherence and Focus. *Research in Science Education*, 40(1), 87-92.
- Klemp, T. (2013). *Refleksjon - hva er det, og hvilken betydning har den i utdanning til profesjonell lærerpraksis?* Uniped, Tidsskrift for universitets- og høyskolepedagogikk, 36(1), 42-58.
- Knain, E. (2015). *Scientific Literacy for Participation : A Systemic Functional Approach to Analysis of School Science Discourses*. Rotterdam: SensePublishers.
- Knain, E. & Hugo, A. (2007). *Pendelen mellom erfaring og representasjon - en fagdidaktisk modell for 'science literacy'*. I T. L. Hoel & S. Matre (Red.), *Skriving for nåtid og framtid* (s. 325-339). Trondheim: Tapir Akademisk forlag.

- Kozma, R. (2003). The Material Features of Multiple Representations and Their Cognitive and Social Affordances for Science Understanding. *Learning and Instruction*, 13(2), 205-226.
- Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. London: Routledge.
- Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom*. SERIE: Advances in Applied Linguistics. London: Continuum.
- Kvale, S. (1996). *InterViews - An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. London: SAGE Publications.
- Kvale, S. (1997). *Det kvalitative forskningsintervju (oversatt av T. M. Andresen og J. Rygge)*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju (3.utg.)*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Lemke, J. (1998). Multimedia Literacy Demands of the Scientific Curriculum. *Linguistics and Education*, 10(3), 247-271.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, Learning and Values*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation Norwood.
- Machin, D. (2009). Multimodality and theories of the visual. I C. Jewitt (Red.), *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis* (s. 181-190). Abingdon: Routledge.
- Mayer, R. E. (2003). The Promise of Multimedia Learning: Using the Same Instructional Design Methods across Different Media. *Learning and Instruction*, 13(2), 125-139.
- Miller, K. & Zhou, X. (2006). Learning From Classroom Video: What makes it Compelling and What Makes it Hard. I R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. J. Derry (Red.), *Video Research in the Learning Sciences* (s. 321-334). Oxon: Routledge
- Nisbet, J. & Shucksmith, J. (1984). The Seventh Sense. *Scottish Educational Review*, 16(2), 75-87.
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education* (s. 224-240).
- REDE. (2016). *Prosjektbeskrivelse - Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE)*. Tilgjengeleg frå: <http://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/rede/rede-prosjbes-offentlig.pdf> (Lest: 02.02.17)

- Roberts, D. A. & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. I N. G. Lederman & S. K. Abell (Red.), *Handbook of Research on Science Education* (s. 545-558). New York Routledge.
- Roth, W.-M. & Lawless, D. (2002). Science, culture, and the emergence of language. *Science Education* (s. 368-385).
- Roth, W. M. (2006). Epistemic Meditation: Video Data as Filters for the Objectification of Teaching by Teachers. I R. Goldman, R. Pea, B. Barron & S. J. Derry (Red.), *Video Research in the Learning Sciences* (s. 367-382). Abingdon: Routledge.
- Roth, W. M., Pozzer - Ardenghi, L. & Young Han, J. (2005). *Critical Graphicacy. Understanding Visual Representation Practices in School Science*. Dordrecht: Springer.
- Ruiz-Primo, M. A. & Furtak, E. M. (2007). Exploring teachers' informal formative assessment practices and students' understanding in the context of scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 57-84.
- Sawyer, R. K. (2006). Introduction: The New Science of Learning. I R. K. Sawyer (Red.), *The Cambridge Handbook of The Learning Sciences*. Cambridge: Cambridge University Press
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141-156.
- Selander, S. & Kress, G. (2010). *Design för lärande - ett multimodalt perspektiv*. Finland: Norstedts.
- Simons, H. (2009). *Case Study Research in Practice*. London: Sage.
- Thomas, G. (2011). *How to do your case study - A guide for students and researchers*. London: SAGE.
- Tjora, A. H. (2012). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (2. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P. & Waldrup, B. (2013). *Constructing Representations to Learn in Science* (Other Books). Rotterdam: Sense Publishers.
- Unsworth, L. & Clèirigh, C. (2009). Multimodality and reading: The construction of meaning through image-text interaction. I C. Jewitt (Red.), *The Routledge Handbook of Multimodal Analysis* (s. 151-163). Abingdon: Routledge.
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplan i fysikk - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering*. Tilgjengelig frå: <http://data.udir.no/k106/FYS1-01.pdf> (Lest 27.01.17).

- Utdanningsdirektoratet. (2016). *Hovedresultater fra TIMSS 2015*. Tilgjengelig frå:
http://www.udir.no/contentassets/7b41d7e958ad41cc8596f58dfd4838d1/timss_2015_hovedresultater.pdf (Lest 15.01.17).
- Vedvik, K.O. (2016). Sitat Torbjørn Røe Isaksen i Utdanningsnytt: Få videregående elever på høyt realfagnivå i Norge, ifølge TIMSS. Utdanningsnytt.no. Tilgjengelig frå
<https://www.utdanningsnytt.no/nyheter/2016/november/timss-fa-videregaendelever-pa-hoyt-realfagniva-i-norge/> (Lest 15.01.17)
- Vygotskij, L. S. (1978). *Mind in Society. The Development og Higher Psychological Processes*. I M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman (Red.). Harvard: University Press.
- Yin, R. K. (2007). *Fallstudier: Design och genomförande*. Malmö: Liber.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Informasjonsskriv

Infoskriv til FY1-elevar på (xxx) vgs februar 2017

Hei!

Utdanning, og ofte med tanke på realfag, er noko vi dagleg høyrer om i media. Politikarar og mange andre er opptatt av korleis ein kan legge til rette for best muleg læring. Fysikk reknast av mange som eit vanskeleg fag, og det er viktig å få meir kunnskap om læring i fysikk. Denne forskinga vil bidra med ny kunnskap på eit aktuelt fagfelt!

Fram mot vinterferien, er vi to frå universitetet i Ås som ynskjer å vere med i klassen til (xxx) for å forske på læring. Guro er lærarstudent, og avsluttar studiet denne våren med ei masteroppgåve om læring i fysikk. Gerd underviser lærarstudentar, og forskar på læring og undervisning i realfag.

Vi ynskjer å vere med i timane for å observere det som skjer med fokus på ulike framstillingar i fysikk (tekst, matematikk, simulering, figur etc.) Vi vil sitte i klasserommet og ta bilder av tavla, og ha fokus på to elevar som har sagt seg villig til å delta i gruppeintervju. Det vil vere veldig lærerikt for oss å høyre om elevane sine synspunkt på temaet! ☺

Ingen vil bli tatt bilde av/filma utan å først bli spurt og ha gitt samtykke. Vi forsikrar sikker lagring av materialet. Når vi skriv vil alt av namn bli anonymisert (skule, klasse, elevar etc.). Materialet vil bli sletta etter vi har analysert informasjonen.

Vi er taknemlege om vi får lov til å lære i klassen dykkar!

Beste helsing

Guro Raner – masterstudent NMBU

Gerd Johansen – førsteamanuensis ved lærarutdanninga NMBU

Vedlegg 2 - Samtykkeskjema

Samtykkeskjema FY1-elevar vår 2017

Læring i realfag er noko vi ofte høyrer om i media og som mange er opptatte av. Ved å vere med i dette prosjektet vil du bidra til forskning på eit viktig og aktuelt tema. I tillegg vil du lære noko som er nyttig for deg både i fysikk-faget og andre fag, og også til seinare studier. Du får mulegheit til å sjå og reflektere over korleis du jobbar i faget!

I løpet av februar vil studenten undersøkje bruk av ulike framstillingar hos elevar i fysikk (tekst, matematikk, graf, tabell, simulering, figur etc.). Dette inneber å sjå korleis elevane brukar blant anna lærebok, skrivebok, PC og samtale i læringa. Dette legg grunnlaget for ei masteroppgåve ved NMBU om læring i fysikk.

Ønsket er å få filme pulten til deg og ein klassekamerat gjennom ein fysikktime. Det som blir skrive og sagt blir tatt opp. Deretter ser vi på filmen saman (vi avtaler passande tidspunkt) og har eit gruppeintervju om det vi ser. Denne samtalen vil også bli filma, og vil fungere som datamateriale til masteroppgåva. Dette gjennomførast til saman 3 gonger, iløpet av februar 2017.

Å delta er valgfritt, og det stillast ingen faglege krav til deg som elev. Ønsket er at du gjer som du pleier i ein «normal» fysikktime. Poenget er ikkje å vere flink eller få riktig svar, men å vise korleis du *jobbar* for å lære faget. Du står heilt fritt til å trekkje deg undervegs.

Ingen vil bli tatt bilde av/filma utan å først bli spurt og ha gitt samtykke. Vi forsikrar sikker lagring av materialet. Når vi skriv vil alt av namn bli anonymisert (skule, klasse, elev etc.). Materialet vil bli sletta etter vi har analysert informasjonen. Ingen kan spore informasjon tilbake til deg.

Som takk for hjelpa vil du få ein liten gave ☺

Eg vil la pulten min, med bøker og PC, bli filma i 3 ulike fysikktimar iløpet av februar.

Eg vil sjå filmen og snakke om den saman med studenten og min klassekamerat. Denne situasjonen vil også bli filma (eventuelt bakfra, utan ansikt).

Underskrift elev _____ Dato _____

Vedlegg 3 – Intervju NSD

Intervju – framgangsmåte, hensikt og mulege spørsmål

Vi vil fokusere på eit lite utval av elevane i klassen, etter at desse har gitt samtykke. Vi vil filme det dei skriv i bøkene sine og på PC, og det dei seier vil bli tatt opp. Dette vil bli ein film for å observere korleis dei jobbar med representasjonsformer i faget.

Dagen etter vil vi gjennomføre eit gruppeintervju med desse elevane. Da vil vi og elevane saman sjå på observasjonsfilmen frå fysikktimen, og bruke denne som utgangspunkt for intervjuet. Derfor vil intervjuet formast etter kva vi ser på filmen. Intervjuet vil også bli filma for å kunne kombinere tale og henvising til observasjonsfilmen ved analysen. Før gruppeintervjuet vil vi sjå observasjonsfilmen utan elevane til stades, og forme ein intervjuguide ut ifrå observasjonane.

Hensikta med intervjuet er todelt: vi ynskjer å få innblikk i kva elevane gjer i læreprosessen, og deira begrunningar for dette. I tillegg vil vi påverke elevane til å reflektere og bli bevisst dei ulike representasjonsformene i faget, og sjå kva dette fører til.

Observasjonsfilm med påfølgande gruppeintervju vil gjennomførast til saman tre gongar.

Type spørsmål kan vere eksempelvis:

Tykkjer du fysikk er annleis enn andre fag? Kva er nytt eventuelt?

Da læraren teikna figur å tavla, valgte du å skrive tekst ved sidan av. Kvifor..?

Du valgte å presentere resultatata i ein tabell. Kan du fortelje meir om ... ?

I timen brukte du framstillingar som (...). Trur du det bidrar til betre forståing av temaet?

Forstår eg det riktig, at...

Pleier du å bruke andre framstillingar enn det læraren viser på tavla?

Korleis tykkjer du det er å bytte mellom framstillingane... (konkret eksempel)

Kvifor startar du med å teikne figur for å løyse oppgåva?

Kva framstillingar brukar du ved oppgåverekning, om det ikkje er gitt spesifikke føringar?

(Ved siste gruppeintervju): Gjennom tre veker har vi no hatt fokus på ulike framstillingar i fysikk. Kva har dette ført til med tanke på korleis de jobbar i faget?

Spørsmål? Andre tankar?



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway